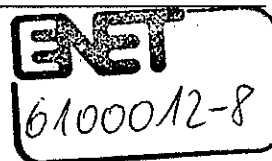


190404

Programm
Wind



Planung von Windenergieanlagen

Leitfaden für die Schweiz -
Bausteine einer Windenergie-Strategie

ausgearbeitet durch:

Stefan Kunz, Jan Remund
METEOTEST, Bern

Dani Wittwer, Hans Buser
ÖKOSKOP, Gelterkinden

Im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Dezember 1998

Schlussbericht

+ 190405
+ 191392
+ 191393
+ 191394



Impressum

Der Bericht „Planung von Windenergieanlagen - Leitfaden für die Schweiz“ ist das Resultat des vom Bundesamt für Energie finanzierten Projektes „Handbuch Windenergie“, welches 1997/98 bearbeitet wurde. Die Begleitgruppe lieferte den Autoren und Auftraggebern wertvolle Hinweise zu Ausrichtung und Inhalt des Berichts. Autoren und Auftraggeber verdanken die fruchtbare Zusammenarbeit.

Auftrag	Handbuch Windenergie Bundesamt für Energie DIS P No:22'665, DIS V No: 62'541 Teilprojekt Programm Wind DIS P No:24'258, DIS V No: 64'002 Teilprojekt Programm Energiewirtschaftliche Grundlagen
Auftraggeber	Bundesamt für Energie, vertreten durch Robert Horbaty, ENCO, Langenbruck Ruedi Meier, Bolligen
Autoren	Stefan Kunz, Jan Remund, <i>METEOTEST</i> , Bern Daniel Wittwer, Hans Buser, <i>ÖKOSKOP</i> , Gelterkinden
Begleitgruppe	Raimund Rodewald Schw. Stiftung für Landschaftschutz u. -pflege, 3011 Bern Jakob Vollenweider Vertreter für VSE, BKW, 3000 Bern 25 Reto Rigassi Vertreter E2000, Ressort Regenerierbare Energien, Eicher und Pauli AG, 4410 Liestal Heinz Aebersold Schw. Arbeitsgemeinschaft für Berggebiete, 5200 Brugg Rita Wyder Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft BUWAL, 3003 Bern Fritz Bosshart Bundesamt für Raumplanung BRP, 3003 Bern
Bezugsquelle	<i>Suisse éole Schachenallee 29, CH-500 Aarau, tel. +41 (0)62 834 03 04</i> <i>Suisse éole Crêt 108a, CH-2314 La Sagne, tel +41 (0)32 932 40 23</i>



Inhalt

1. Vorbemerkung	5
2. Die Projektplanung in der Übersicht.....	8
2.1. Komplexes Planungsumfeld	8
2.2. Planungshilfe „Relevanztabelle“	9
2.3. Ablauf des Planungsverfahrens	11
3. Standortfragen	13
3.1. Grundstück	13
3.1.1. Pacht- oder Dienstbarkeitsvertrag.....	13
3.1.2. Konzessionsvertrag.....	15
3.2. Windgutachten	15
3.3. Erschliessung.....	17
3.3.1. Strassentransport	17
3.3.2. Unwegsames Gelände.....	18
3.4. Netzanschluß	18
3.4.1. Antragstellung	19
3.4.2. Übergabestelle	19
3.4.3. Herstellung des Anschlusses	20
3.4.4. Stromabrechnung	20
3.4.5. Hinweise für die Abschätzung der Spannung einer Freileitung	20
3.5. Bodenbeschaffenheit.....	21
3.6. Meteorologische Risiken.....	22
3.6.1. Eisbildung.....	22
3.6.2. Gewitter / Blitzschlag.....	24
3.7. Natur- und Landschaftsschutz	24
3.7.1. Allgemeines.....	24
3.7.2. Landschaftsschutz.....	25
3.7.3. Fauna	27
3.8. Nachbarschaft	30
3.8.1. Geräuscentwicklung	30
3.8.2. Richtfunkstrecken / Mobilfunk-Antennen.....	33
3.8.3. Netzverträglichkeit von Windenergieanlagen.....	33
3.8.4. Schattenwurf und Reflexionen	34
3.8.5. Weitere Abstandsfragen.....	35
3.9. Bisherige Nutzung.....	35
3.9.1. Forst- und Landwirtschaft.....	35
3.9.2. Tourismus und Erholung	36
4. Anlagen.....	38
4.1. Anlagenwahl	38
4.1.1. Land- und Flächenbedarf	39
4.1.2. Anlagencharakteristik	40
4.1.3. Anlagenkomponenten	42
4.1.4. Baukomponenten	44
4.1.5. Dimensionen und Gewichte	44
4.1.6. Investitionskosten.....	45
4.2. Sicherheit.....	45
4.2.1. Eiswurf.....	45



4.2.2. Versicherung	47
4.3. Betrieb und Unterhalt.....	48
4.3.1. Wartung / Unterhalt.....	48
4.3.2. Jahreskosten.....	48
4.4. Energieertrag.....	49
4.4.1. Verfügbarkeit.....	49
4.4.2. Kapazitätsfaktor / Vollaststunden.....	49
5. Raumplanung.....	50
5.1. Grundsätzliches zur Raumplanung.....	50
5.1.1. Allgemeines.....	50
5.1.2. Kantonaler Richtplan.....	50
5.1.3. Nutzungsplanung	51
5.1.4. Ausnahmegewilligung	51
5.2. Die kantonalen Verfahren im Überblick.....	52
5.3. Baubewilligungsverfahren	58
5.4. Empfehlungen	60
5.4.1. Planer und Investoren	60
5.4.2. Behörden.....	60
6. Wirtschaftlichkeit.....	62

Anhänge

- A1: Kantonsbefragung 1998 – Die Windenergie aus der Sicht der Kantone
- A2: Fallbeispiele – Erfahrungen mit Windenergieanlagen in der Schweiz
- A3: Ermittlung des Windangebots
- A4: Literaturverzeichnis



1. Vorbemerkung

Die Windenergie ist eine emissionsarme und erneuerbare Energieform, mit deren Nutzung ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden kann.

Mit der zunehmenden Installation von Windkraftanlagen an Binnenlandstandorten - bis hin nach Zentraleuropa - gewinnt die Windenergienutzung im hügligen oder gar gebirgigem Gelände zunehmend an Bedeutung. In der Schweiz produzieren im Jahr 1998 bereits 14 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 2'805 MW rund 3 GWh Elektrizität / Jahr. In Planung sind Einzelanlagen und Windparks mit einer Gesamtleistung von über 10 MW. Die Leistungen der bisher bei uns installierten Anlagen weisen jedoch noch auf einen gewissen Optimierungsbedarf hin (z.T. liegen Vollaststunden unter der Erwartung). Auch liegen die Aufwendungen für Planungs- und Baukosten zum Teil deutlich über denjenigen unserer Nachbarländer.

Die Herausforderungen, im komplexen Terrain, mit schwierigen Zufahrtsbedingungen, mit turbulenten Winden und unter vereisenden Bedingungen Windkraftanlagen zu betreiben, sind um einiges grösser als an den Küstenstandorten. Folgende Voraussetzungen können die Entwicklung der Windenergie in der Schweiz fördern:

- Hohe Planungssicherheit für Investoren und Betreiber (genaue Kenntnisse der Windressourcen, klare Anforderungen des Natur- und Landschaftsschutzes, festgelegtes Baubewilligungsverfahren und raumplanerische Voraussetzungen über (Energie-) Richtplan).
- Genaue Kenntnisse der Beeinflussung des Leistungsverhaltens und der Lebensdauer einer Windkraftanlage, z.B. durch turbulente Winde und Vereisung.
- Gesicherte wirtschaftliche Rahmenbedingungen (z.B. garantierte Rücklieferatarife, Aufbau einer Strombörse für "Oekostrom", o.ä.).
- Substanzielle Förderung (steuerliche Vergünstigungen für Investoren und Windstromkunden).
- Fundierte Informationen für Projektentwickler, Bewilligungsbehörden und Finanzinstitute.
- Erfahrungsaustausch aller Beteiligten.
- Generelle Senkung der Planungskosten

Mit der Publikation des vorliegenden Leitfadens werden entsprechende Grundlagen geschaffen.

Der erste vom Bundesamt für Energie herausgegebene Leitfaden zur Errichtung von Windkraftanlagen in der Schweiz – METEONORM WIND¹ - ist nunmehr bald 10 Jahre alt. In dieser Zeit hat sich auf dem Gebiet der Windkraftnutzung ein erheblicher Wandel vollzogen.

Die Studie „Windkraft und Landschaftsschutz“² zeigt auf, dass die Nutzung der Windenergie in der Schweiz an geeigneten Standorten durchaus sinnvoll sein kann. Die Stromgestehungskosten liegen z.T. unter 20 Rappen/kWh. Das Planungs- und Bewilligungsverfahren ist jedoch aufwendig.

Der vorliegende Leitfaden ergänzt und aktualisiert die oben erwähnten Grundlagen. Er richtet sich an:

- Behörden: Nationale, kantonale, regionale und kommunale Fachstellen, welche sich mit konkreten Projekten und Richtplanung beschäftigen.
- Trägerschaft: Kapitalgeber, Landbesitzer, Infrastrukturbesitzer, welche mit der Realisierung von Windkraftanlagen und Windparks direkt in die Realisierung involviert sind.
- Ingenieure, Planer: Fachleute, welche die Standortabklärung, Kosten-/Nutzenberechnung, Prüfung der Umweltverträglichkeit, etc. im Auftrage der Trägerschaft durchführen.

¹ Bundesamt für Energiewirtschaft Hsg., 1990: METEONORM Wind. Leitfaden für den Windenergieplaner. 187S.
² Bundesamt für Energiewirtschaft Hsg., 1996: Windkraft und Landschaftsschutz. 24 S. 58 S. Anhang.



Während im Jahr 1990 die 200 kW Maschine das Topmodell bei den Windkraftanlagen war, ist seit 1995 die 500 bzw. 600 kW-Maschine das Standardmodell bei den neuerrichteten Anlagen. Diese weisen Turmhöhen von 40-50 Meter und Rotordurchmesser von über 40 Metern auf. Anlagen kleinerer Leistungsstärke werden nur noch in Ausnahmefällen, wenn z.B. das vorhandene Stromnetz eine stärkere Anlage nicht zulässt, errichtet. **Der Leitfaden richtet sich primär aus** auf Projekte mit einzelne Anlagen, oder kleinere Windparks mit 3-7 Anlagen mit Leistung im Bereich 0.5-1 MW

Mit der 600 kW-Maschine ist der Trend zu noch grösseren Anlagen bei weitem nicht abgeschlossen. Alle namhaften Windkraftanlagenhersteller erstellen z.Z. bereits Anlagen mit 800 kW bis 1,5 MW Leistung.

Das vorliegende Dokument ist in zwei Teile aufgeteilt, zum einen in einen **Leitfaden**, welcher in knapper Form Antwort auf die wichtigen Fragen im Zusammenhang mit der Standortabklärung gibt; im weiteren dokumentieren **Anhänge** Details von Teilresultaten:

1. „**Kantonsdossiers**“ zeigen in einer detaillierten „Momentaufnahme“ die Situation in den einzelnen Kantonen und die Grundhaltung der betroffenen Amtsstellen (Energie, Raumplanung, Natur- und Landschaftsschutz).
2. „**Fallbeispiele**“ zeigen aufgrund von Befragungen zu realisierten und nicht realisierten Windenergie-Projekten in der Schweiz die wesentlichen Aspekte, welche für Gelingen oder Scheitern von Projekten berücksichtigt werden müssen.
3. „**Ermittlung des Windangebots**“ ist eine Zusammenstellung der relevanten Klimainformationen und eine Anleitung, wie die Standortbeurteilung bezüglich Ressource Wind vorzunehmen ist.
4. „**Literatur und weiterführende Hinweise**“ beinhaltet die Zusammenstellung der Grundlagen zum Leitfaden und Hinweise auf Themen und Kontaktstellen, welche im Leitfaden nicht aufgeführt sind.

Windenergiestrategie des Bundesamtes für Energie

Das in der oben erwähnten Studie ermittelte Potential für die Nutzung der Windenergie liegt bei 1'600 GWh oder rund 3.5% des Stromverbrauchs von 1995. Im Sinne einer Perspektive könnte dieses Potential - entsprechende Rahmenbedingungen vorausgesetzt - bis ins Jahr 2030 erschlossen werden. An sehr gut bewindeten Standorten ausserhalb von landschaftlichen Schutzgebieten könnten rund 500 Windkraftanlagen Elektrizität in der Grössenordnung von 270 GWh erzeugen.

Im Rahmen einer eigentlichen Windenergie-Strategie sind sämtliche Aktivitäten und Projekte des Bundesprogramms Windenergie dahingehend ausgerichtet, diese Standorte mit 1. Priorität kurz- und mittelfristig zu erschliessen - als wichtiger Beitrag zur Zielerfüllung im Bereich der neuen erneuerbaren Energien.

Erklärte Absicht des Bundesamtes für Energie sind:

- bis in Jahr 2000 10 - 30 GWh Elektrizitätserzeugung pro Jahr
- bis in Jahr 2010 30 - 50 GWh Elektrizitätserzeugung pro Jahr

mit Windenergie zu erzeugen.

Angesichts der sich abzeichnenden Projekte durchaus realistische Zielsetzungen, welche durch vielfältige Unterstützung (Informationen, Teilfinanzierung von Standortabklärungen und Anlageninstallation, etc.) nachhaltig verfolgt werden.

Mit der Gründung des Windenergieforums 'Suisse Eole'³ sind die Windenergieaktivitäten nun noch vermehrt in die Entwicklung der Förderstrategien regenerierbare Energien des Bundes integriert. Wichtigstes Anliegen der "Suisse-Eole" ist, den Ausbau der Windenergie in der Schweiz möglichst

³ "Suisse Eole", c/o ENCO GmbH, Bärenwil 196, 4438 Langenbruck



sozial- und umweltverträglich zu gestalten - in Abstimmung mit den Anliegen der Landschaftschutz-Organisationen und den Interessen anderer erneuerbaren Energien.

Den kantonalen Behörden wird empfohlen, die Förderung der Windenergie in ihre Energiepolitik aufzunehmen. Insbesondere wünschenswert ist die Schaffung von Windenergie-Zonen oder Vorranggebieten im Rahmen der Richtplanung.



2. Die Projektplanung in der Übersicht

2.1. Komplexes Planungsumfeld

Das Potential der Windenergie wird bis heute in der Schweiz nur schwach genutzt. Damit dieses Energiepotential erschlossen werden kann, ist die Initiative und Unterstützung von Grundstückeigentümern, Investoren und Behörden unumgänglich. Schon bei den ersten Schritten in Richtung Windenergienutzung sehen sich die zukünftigen Betreiber einer Vielzahl planerischer, technischer, wirtschaftlicher, genehmigungsrechtlicher und organisatorischer Problemen gegenübergestellt. Jedes dieser Probleme kann von entscheidender Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg des Projektes sein.

Die Windenergie ist in der Regel erst bei durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten ab 3.5 m/s (Jahresmittelwert, in 10m Höhe über Grund gemessen) in wirtschaftlicher Konkurrenz zu anderen erneuerbaren Energiequellen zu nutzen. In der Schweiz beschränken sich potentielle Gebiete mehrheitlich auf Jurahöhen, Passlagen, Kreten, Hochebenen und Kuppen im Voralpen- und Alpengebiet. Für diese Gebiete sind Nutzungskonflikte mit Natur- und Landschaftsschutz, Erholung und Tourismus nicht auszuschliessen.

Bevor die Entscheidungskriterien und Planungsschritte im **einzelnen** behandelt werden, sollen allgemeingültige und oft in der Praxis nicht beachtete Aspekte vorab erwähnt werden:

1. Das zu den unterschiedlichen Aspekten der Windenergienutzung vorhandene und zugängliche Knowhow sollte im Rahmen von **Beratungen** in Anspruch genommen werden⁴. Hierzu bieten verschiedene Institutionen ihre Dienste an oder können weitere Berater vermitteln. Eine rechtzeitige, fachgerechte Beratung weist frühzeitig auf mögliche Schwierigkeiten und ggf. deren Lösungsmöglichkeiten hin.
2. Beachten der richtigen **Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte** bei der Planung. So wird i.a. der Aufwand für das Bewilligungsverfahren und der Umfang der dazu notwendigen Unterlagen unterschätzt. Das Bewilligungsverfahren sollte erst dann angegangen werden, wenn ein Scheitern des Projektes aus anderen, viel schneller und kostengünstiger abzuklärenden Kriterien ausgeschlossen ist, alle erforderlichen Unterlagen beigebracht werden können und nur noch die Genehmigung aussteht.
3. Ein Standort zur Nutzung der Windkraft wird aufgrund einer Vielzahl von Kriterien beurteilt. Alle Beteiligte – Promotoren, Behörden, Eigentümer, Kritiker – müssen sich bewusst sein, dass die Gesamtbeurteilung nicht einfach aus der Summe der Einzelbeurteilungen besteht. **Ein Standort hat seine ganz bestimmte Identität oder Individualität.** Die Gesamtbeurteilung beinhaltet eine Gewichtung der Einzelaspekte und ein Zusammenfügen zu einer Synthese.

Die Aspekte der öffentlichen Planung werden nicht in diesem Kapitel, sondern unter Kapitel 5 behandelt. Dort sind die Aspekte der Raumplanung generell und eine Übersicht zu der Situation in den einzelnen Kantonen erläutert

⁴ Zwei vom Bund beauftragte Stellen in der Schweiz vermitteln entsprechende Adressen:
- suisse éole
Schachenallee 29, 5000 Aarau Tel. 062 / 834 03 23
- suisse éole
Crêt 108A, 2314 La Sagne, tel. 032 / 931 18 68



Neben den technischen Abklärungen ist für eine effiziente Projektabwicklung ein **rasches und schlankes Bewilligungsverfahren** wichtig. Dem gesellschaftlichen und politischen Umfeld ist besondere Beachtung zu schenken. Dazu gehören folgende Punkte:

- Identifizierung der relevanten Akteure:
GrundeigentümerIn, Nachbarschaft, lokale Behörden und Bevölkerung, kantonale Fachstellen, lokale, regionale und nationale Interessenorganisationen, Investoren, Trägerschaft / Bauherren, Elektrizitätswerk
- Erhebung Haltung der Akteure zum konkreten WEA-Projekt.
- Erkennen von Formen der Unterstützung; Formen des Widerstandes.
- Entwicklung eines Informationskonzepts.
- Entwicklung von Strategien zum Einbezug / Einbindung der durch die WEA betroffenen Akteure in das Planungs- und Projektierungsverfahren.
- Entwicklung von Strategien zur effizienten Erfüllung der Auflagen zur Erzielung von Vereinbarungen.
- Einholen von flankierenden Informationen bei Verbänden und Anlagebetreibern.

2.2. Planungshilfe „Relevanztabelle“

Bei der Projektplanung einer WEA ist ein mehrstufiges Verfahren empfehlenswert. Dadurch werden aufwendigere Planungsschritte erst ausgelöst, wenn das Projekt Realisierungschancen hat.

Windenergieanlagen sind **nicht UVP-pflichtig**. Trotzdem werden im Bewilligungsverfahren eine Reihe von Umweltaspekten beurteilt. Es empfiehlt sich das Verfahren mehrstufig entsprechend einer UVP zu strukturieren. Dazu dienlich ist das Aufstellen einer sogenannten Relevanztabelle⁵ oder –matrix (BUWAL 1990, Seiten 47-51).

Die Relevanztabelle ist eine **Übersicht über die Wirkungen** der mit der Windenergie-Anlage verbundenen Aktivitäten bezüglich der **verschiedenen Umweltbereiche**.

Der untenstehende Vorschlag einer Relevanztabelle beinhaltet nicht nur die Umweltaspekte, sondern auch andere für die Projektplanung wichtigen Elemente. Sie erhebt jedoch nicht Anspruch auf abschliessende Vollständigkeit.

In den **Zeilen** sind die Projektbelange aufgelistet, in den **Spalten** die betroffenen **Umweltbereiche, Nachbarschaft und andere Nutzung**. In den Schnittpunkten lassen sich Aussagen und Bewertungen machen. Dies kann codiert erfolgen (relevant / irrelevant), oder mit präzisen Angaben (Fussnoten etc.). Viele Tabellenfelder werden leer bleiben. Wenige werden mit differenzierter Information gefüllt.

Nicht bei jedem Windenergieprojekt sind die gleichen Belange von Bedeutung. Beim einen wird durch Zufahrt und Fundament eine wertvolle Magerwiese mit Mikro-Relief zerstört, bei anderen wird ein Wohngebäude in der Nachbarschaft allenfalls durch übermässigen Lärm belastet. Die Relevanztabelle dient dazu, die wesentlichen Aspekte in übersichtlicher Systematik zu benennen, zu erkennen und zu ordnen. Sie dient als Basis zur Beurteilung, welche Aspekte vertieft zu behandeln sind.

⁵ BUWAL, 1990: Handbuch Umweltverträglichkeitsprüfung. Richtlinien für die Ausarbeitung von Berichten zur Umweltverträglichkeit gemäss Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983



Tab. 1: Relevanztabelle: Die wichtigsten Aspekte für ein Windenergieprojekt.
Der Beurteilungsraster entspricht einer allgemeinen Einschätzung. Je nach spezifischer Lage des Standortes ergeben sich unterschiedliche, individuelle Gewichtungen.

Relevanztabelle	Umwelt							Nachbarschaft / Nutzung							
	Boden / Bodenverlust	Flora / Vegetation	Fauna	Lebensräume	Schutzgebiete	Landschaftsbild	Lärm	Eigentümer / Pächter	Nachbarschaft	Landwirtschaft	Forstwirtschaft	Erholung / Tourismus	Flugverkehr	Richtfunkstrecken	...
<u>Projektbelange</u>															
Grundstück		•		•	•	•		•	•	•	•	•			
Basiserschliessung (Strasse)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
Feinerschliessung (Nahzufahrt)	•	•		•	•			•	•	•					
Elektrische Erschliessung (Netzanschluss)	•			•	•	•		•	•	•	•				
Fundament	•	•	•					•							
Nebengebäude und -installationen	•	•	•					•							
Machine / Generator							•	•	•			•			
Errichtung Anlage (Bau)	•	•					•	•	•						
Normalbetrieb			•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Nullbetrieb						•		•	•			•	•	•	
Spitzenbetrieb			•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Abbruch / Stilllegung	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
...															

Legende

leer nicht relevant • möglicherweise relevant ● relevant

Anmerkungen:

- Boden / Bodenverlust: Beeinflussung von Gefüge, Stabilität, Wasserhaushalt, thermisches Verhalten und Filterfunktion des Bodens. Bodenverlust.
- Flora / Vegetation: Wirkungen auf Artenreichtum und -häufigkeit.
- Fauna: Wirkungen auf Artenreichtum und -häufigkeit.
- Lebensräume: Beeinflussung von Lebensgemeinschaften, Ökosystemen.
- Schutzgebiete: Nähe zu, Lage in Schutzgebieten.
- Landschaftsbild: Beeinflussung des Landschaftsbildes / Veränderung des Landschaftsbildes
- Eigentümer / Pächter: Haltung des Eigentümers / Pächters.
- Nachbarschaft: Haltung Nachbarschaft; Beeinflussung Nachbarschaft.
- Nutzung: Beeinflussung, Beeinträchtigung verschiedener Nutzungen am Standort.

Die bedeutensten Aspekte, welche das Projekt scheitern lassen könnten, sind schon in der ersten **Grobevaluation** anzugehen. Auch im Anschluss empfiehlt sich eine Etappierung in **Vorabklärung** und **Detailplanung**.



2.3. Ablauf des Planungsverfahrens

1. Grobevaluation:

Innerhalb einiger Tage Arbeitsaufwand aufgrund bestehender leicht zugänglicher Unterlagen und Erstkontakten mit Eigentümer und Behörden grundsätzliche Machbarkeit überprüfen.

- Windverhältnisse am Standort grob beurteilen und aufgrund bestehender Unterlagen abschätzen.
- Zugänglichkeit (Transport) und Netzeinspeisung (Ort, Leistung, EW) klären.
- Grundsätzliche Bereitschaft der Grundeigentümer abklären
- Gundhaltung von Gemeinde und Kanton (Energiefachstelle, Baubewilligungsbehörde) einholen.
- Standort bezüglich Natur- und Landschaftsschutz grob beurteilen (Schutzgebiet, Einsehbarkeit)

2. Vorabklärung:

Im Umfang von einigen Wochen Arbeitsaufwand fundierte Grundlagen für die umfassende Prüfung des Projektes erarbeiten und Voraussetzungen für go/nogo Entscheide für das Projekt schaffen. Falls Windmessungen nötig sind, erstreckt sich diese Phase auf einen Zeitraum über 1 Jahr.

- Anforderung der Behörden für Erteilung der Baubewilligung erfragen und Aspekte im Bereich Natur- & Landschaftsschutz klären.
- Vereinbarung mit Grundeigentümer treffen (Vorvertrag) und Nachbarschaftsfragen (Akzeptanz) klären.
- Windmessungen durchführen und Ertragsprognose machen.
- Finanzierungskonzepte, Investitionsbedarf Förderung klären.

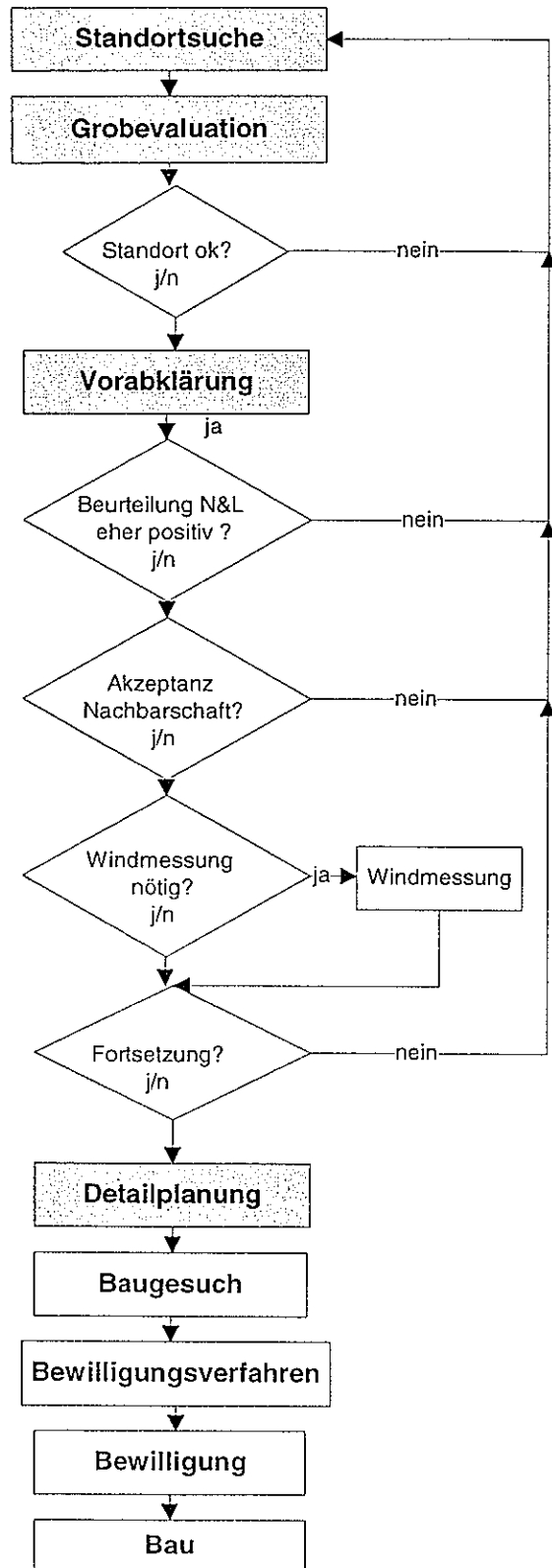
3. Detailplanung:

Auf der Stufe Detailplanung werden alle benötigten Unterlagen bereitgestellt, welche für Baubewilligung, und für Investoren und Betreiber benötigt werden.

In den folgenden Kapiteln werden die zu berücksichtigen Aspekte (Dimensionen) bei der Planung und Errichtung von Windenergieanlagen detailliert behandelt. Diese Gliederung im Leitfaden erlaubt es, die notwendigen Arbeitsschritte anhand der einzelnen Kapitel nachzuvollziehen.



Abb. 1: Ablauf des Planungsverfahrens in der Grobübersicht





3. Standortfragen

Neben der Frage der Wirtschaftlichkeit und der Finanzierung eines Windenergieanlagenprojektes ist die Standortfrage das massgebliche Kriterium bei der Errichtung einer Windenergieanlage.

Hier gilt es, folgende Bereiche zu klären:

- Grundstück
- Windangebot
- Bodenbeschaffenheit
- Netzanschluss
- Zufahrt
- Richtfunkstrecken
- Geräuschemissionen
- Natur- & Landschaftsschutz, Richtplanung
- Behördliches Genehmigungsverfahren

3.1. Grundstück⁶

Bei der Auswahl geeigneter Standorte ist als erstes die Frage nach den Eigentumsverhältnissen und der Größe des betreffenden Grundstückes zu klären. Wenn der künftige Betreiber der Windenergieanlage Eigentümer des Grundstückes ist, sind die häufig schwierigen Verhandlungen über einen Pacht- und Dienstbarkeitsvertrag nicht von Belang. In diesem Fall stellt sich lediglich die Frage, ob das Grundstück so groß ist; daß die durch die Baubewilligungsbehörden geforderten Abstandsregelungen zu Nachbargrundstücken eingehalten werden können oder ob im Einvernehmen mit den betreffenden Grundstücksnachbarn notwendige Eintragungen im Grundbuch vorgenommen werden müssen.

3.1.1. Pacht- oder Dienstbarkeitsvertrag

Vertragsgegenstand

Der Grundstückseigentümer gestattet dem Pächter die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen (WEA). Die Vereinbarung, die zu treffen ist, hat starke Parallelen zur Errichtung von elektrischen Übertragungsleitungen. Die Anzahl der zu betreibenden WEA sollte nicht explizit vertraglich geregelt sein, weil sich hieraus bei zukünftigen Veränderungen zu vermeidende Streitigkeiten ergeben können. Weiterhin wird dem Pächter das Erstellen von Zufahrtswegen, die Verlegung der erforderlichen Anschlußleitungen und die Errichtung der erforderlichen Schalt-, Meß- und Transformatorenstationen sowie dem zuständigen EW das Verlegen des Anschlußkabels bis zur Übergabestation gestattet. Die konkreten Standorte der WEA, der Verlauf der Verbindungs- und Anschlußkabel sowie die Positionen der Stationen sollten in jedem Fall in dem entsprechenden Lageplan zur Baubewilligung zum Bestandteil des Vertrages gemacht werden.

⁶ Auszüge aus "Drum prüfe wer sich ewig bindet", Wind Energie Aktuell 2/1997, Dr. Jörg Niedersberg



Vertragsbeginn

Als Vertragsbeginn wird grundsätzlich der Zeitpunkt der Unterzeichnung des Pachtvertrages festgelegt. Die Vertragsdauer beträgt zumeist 25 Jahre mit zumindest einer Verlängerungsoption. Aus der Sicht des Pächters von Vorteil ist es, als Zeitpunkt des Zahlungsbegins einer Nutzungsentschädigung die Inbetriebnahme der WEA zu vereinbaren. So wird gewährleistet, daß eine finanzielle Belastung erst dann entsteht, wenn durch den Betrieb der WEA und Strom einspeisung auch Einnahmen erzielt werden. Hier wäre eine Klausel denkbar, die bei Nichterteilung der Baugenehmigung aus Gründen, die auf ein Verhalten des Pächters oder eines von ihm beauftragten Dritten, dem Grundstückseigentümer eine angemessene Entschädigung gewährt.

Vertragsende

Nach dem ordentlichen Ablauf des Vertrages - zumeist einschließlich ausgeübter Optionen nach längstens 35 Jahren - hat der Pächter in jedem Fall die errichteten WEA zu entfernen. In den meisten Pachtverträgen ist auch die - finanziell abgesicherte - Verpflichtung des Pächters festgelegt, sämtliche Fundamente sowie feste Zuwegungen zu entfernen.

Nutzungsentschädigung

Der Pächter zahlt als Ausgleich für die eingeräumten Nutzungsrechte eine Nutzungsentschädigung. Diese kann in einem fest bestimmten Betrag pro Jahr und WEA bestehen. Interessengerechter ist allerdings die Vereinbarung eines festen Prozentsatzes von der erzielten Einspeisungsvergütung mit einer Mindestvergütung. Des weiteren wird zumeist vereinbart, daß der Pächter für die während der Errichtung der WEA entstehenden Ernteauffälle an den landwirtschaftlichen Nutzer eine Entschädigung zahlt.

Pflichten des Grundstückseigentümers

Eine der Hauptpflichten des Grundstückseigentümers ist zumeist die Verpflichtung, in einem bestimmten Abstand zu der durch den Pächter genutzten Fläche keine eigenen WEA oder andere Bauwerke oder sonstigen Hindernisse zu errichten.

Hierbei wird teilweise nicht beachtet, daß sich Beeinträchtigungen für den Pächter auch daraus ergeben können, daß ein unmittelbar angrenzender Nachbar eine oder mehrere WEA errichten will. Aus diesem Grund sollte der Pächter sowohl seine Rechte grundbuchrechtlich durch eine beschränkt persönliche Dienstbarkeit sichern lassen als auch eine vertragliche Verpflichtung des Grundstückseigentümers aufnehmen, daß sich dieser im Falle der beabsichtigten Nachbarbebauung gegen diese mit rechtlichen Mitteln wenden wird, wenn die Rechte des Pächters beeinträchtigt werden.

Pflichten des Pächters

Der zumeist umfangreiche Katalog der Pflichten des Pächters umfaßt, die WEA nach den jeweiligen gesetzlichen Vorschriften installieren zu lassen, zu betreiben und zu unterhalten. Besonders wichtig ist die Verpflichtung zum Abschluß einer Haftpflichtversicherung für die von den Windenergieanlagen ausgehenden Gefahren. Gleichzeitig übernimmt der Pächter die Haftung für sämtliche Schäden, die dem Grundstückseigentümer oder Dritten im Zusammenhang mit der Errichtung und dem Betrieb der Anlagen entstehen.

Grundbuchliche Absicherung

Die Rechte des Pächters werden im Grundbuch als Dienstbarkeit eingetragen. Gleichzeitig wird eine Regelung für den Fall der Rechtsnachfolge aufgenommen.



Allgemeine Regelungen

Zum Abschluß des Vertrages werden zumeist eine Verschwiegenheitsverpflichtung über den Inhalt des Vertrages vereinbart.

3.1.2. Konzessionsvertrag

Ist der Grundeigentümer die öffentliche Hand, kann die Nutzung auch im Rahmen eines langjährigen Konzessionsvertrages geregelt werden.

3.2. Windgutachten

Die Windverhältnisse sind das primär entscheidende Kriterium für die Wirtschaftlichkeit eines Standorts bei der Windenergienutzung. Ist die durchschnittliche Windgeschwindigkeit zu gering, kann weder die modernste Technik noch eine grosszügige finanzielle Förderung die langfristige Wirtschaftlichkeit des Standorts sicherstellen. Es ist deshalb unabdingbar, **verlässliche Angaben über die örtlichen Windverhältnisse** zu besitzen.

Da die Windgeschwindigkeit durch die Bodenrauigkeit in Bodennähe abnimmt, gehört zur Windgeschwindigkeit immer die Angabe der Höhe in der diese gemessen wurde. Allgemein üblich in der Meteorologie sind Messungen 10 m über Grund. Abklärungen für Windkraftanlagen erfordern bei erhöhten Genauigkeitsansprüchen Messungen (möglichst) auf Nabenhöhe.

In der Studie Windenergie und Landschaftsschutz⁷ wurden die Standorte in der Schweiz bezüglich mittlerer Windgeschwindigkeit grob in folgenden Klassen charakterisiert (Tab. 2).

Tab. 2 Einteilung der Klassen mittlerer Windgeschwindigkeit und deren Energiegehalt.

Mittlere Windgeschwindigkeit v Messung 10 m.ü.G	Beurteilung	Jahres- mittelwert V	Energie- gehalt ca. im Vergleich zu 5 m/s
< 3.5 m/s	Zu schwach, nicht beurteilt	3 m/s	25%
3.5 m/s bis 4.5 m/s	Mässige Verhältnisse	4 m/s	60%
4.5 m/s bis 5.5 m/s	Mittlere Verhältnisse	5 m/s	100%
> 5.5 m/s	Gute Verhältnisse	6 m/s	150%
1.5 m/s bis 2.5 m/s	CH-Mittelland Generell sehr wenig Wind	2 m/s	6%

Die schwache Ausbeute der Windenergie im schweizerischen Mittelland hat nichts mit der Technologie der Anlagen zu tun, sondern ist durch das Windangebot gegeben. Der mittlere Energiegehalt im Wind steigt überproportional mit der mittleren Windgeschwindigkeit, wie die zwei ergänzenden rechten Kolonnen der Tabelle zeigen. Der **Beurteilung der Windverhältnisse** kommt daher **prioritäre Bedeutung** zu.

⁷ Bundesamt für Energiewirtschaft Hsg., 1996: Windkraft und Landschaftsschutz.



Die ergänzende Tabellen-Zeile unten zeigt, dass zwar auch im Mittelland generell Windenergie-Nutzung möglich ist, jedoch mit sehr tiefem Ertrag. Die finanziellen Vorteile der Windenergie gegenüber anderen erneuerbaren Energien (z.B. Photovoltaik) verschwinden bei solchen Windverhältnissen weitgehend.

Bei einer allgemeinen Betrachtung der Windgeschwindigkeit im Jahresmittel lassen sich in der Schweiz nachfolgende Bereiche mit **Windgeschwindigkeiten oberhalb von 4 m/s für freie Lagen (Kreuzen, Kuppen, Hochebenen ohne Bewaldung)** ausmachen:

- Jura generell ca. ab 1'000 m.ü.M
- nördliche und südliche Voralpen ab ca. 1'500 m.ü.M.
- Alpen und Alpenpässe ab ca. 2'000 m.ü.M.

Dies sind die prioritären Gebiete zum Betrieb von Windenergieanlagen in der Schweiz. Durch eine erhöhte Rauigkeit (Wälder, Bebauung, usw.), durch Tallagen oder abgeschattete Lagen kann die Windgeschwindigkeit deutlich herabgesetzt werden. Für die Hauptwindrichtung sollten deshalb möglichst freie Anströmbedingungen herrschen.

Umgekehrt können auch in ausgewiesenen Schwachwindzonen günstige Einzelstandorte für die Windenergienutzung vorhanden sein.

Die genaueste Methode zur **Einschätzung des Windpotentials** ist eine mehrjährige Messung am jeweiligen Standort. Meistens beschränkt man sich bei solchen Windmessungen jedoch auf ein halbes oder maximal ganzes Jahr, wobei die dabei gewonnenen Werte dann auf Dauerdurchschnittswerte umgerechnet werden.

Eine andere Möglichkeit ist, daß Windvorkommen am betreffenden Standort über entsprechende Computermodelle hochzurechnen. Grundlage dieser Betrachtung sind die langjährigen Wettermeßdaten der nächstgelegenen Wettermessstationen. Durch Hinzurechnung der am betreffenden Standort gegebenen orografischen⁸ Merkmale sowie Rauigkeit des Geländes und Hinderniseffekten kann heutzutage das durchschnittliche Windangebot grob ermittelt werden. Modellrechnungen weisen in relativ ebenem Gelände (Küstengebiete) hinreichende Genauigkeit aus, in komplexem Gelände (Schweiz) konnten sie bis anhin nur eine erste Abschätzung liefern (mittlerer Fehler ± 1 m/s).

Das Simulationsprogramm WASP⁹ ist in diesem Bereich das meist angewandte Programm. Eine grössere Zahl von Analysen hat gezeigt, dass WasP in Gelände, wie in der Schweiz an Windstandorten üblich grosse Fehler aufweist. Neue Forschungsbestrebungen im Rahmen des EU Programms JOULE (Projekt MOWIE, JOR3-CT98-0254) versuchen, WasP für komplexe Topographie zu verbessern, oder andere Modelle zu entwickeln.

In der Schweiz wurde an der EPFL / LASEN (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laboratoire de Systèmes Energétiques) an Programmentwicklungen gearbeitet¹⁰, welche Berechnungen in komplexem Gelände zulassen. Die Ergebnisse sind ermutigend. Weitere Validierungen sind aber erforderlich.

Aktuell bleibt als verlässliche Methode für die Schweiz einzig die Messung (mind. 1 Jahr) und sorgfältige Auswertung übrig. Für diese Methode sind auch Qualitätsangaben machbar. Weitere Unterlagen sind dem entsprechenden Anhang dieses Leitfadens zu entnehmen (Anhang 3 „Ermittlung des Windangebots“, Kap. 5.3 „Auswertung für Windgutachten“ und 5.4 „Gesamtbetrachtung der Genauigkeit“).

⁸ Orografie: Beschreibung der Geländeform

⁹ WASP: Wind Analysis and Simulation Program

Wind Energy & Atmospheric Physics Department, Risø National Laboratory, VEA-125, P.O. Box 49, DK-4000 Roskilde, Denmark, tel. +45 46 77 50 00, fax +45 46 77 59 70

¹⁰ Montavon, Ch, 1998: Thèse "Simulation d'écoulements atmosphériques en terrain accidenté pour l'estimation du potentiel éolien, EPFL, LASEN, CH-1015 Lausanne



Die Ergebnisse von Windmessungen oder der EDV-mässigen Berechnung des Windangebotes sind die Grundlagen eines Windgutachtens. Diese Windgutachten können von unabhängigen Ingenieurbüros erstellt werden. Adressen vermitteln die beauftragten Informationsstellen¹¹.

Aus einem Windgutachten sollte für den Standort der Anlage mindestens folgende Aussagen resultieren:

1. Durchschnittliche Windgeschwindigkeit in m/s am vorgesehenen Standort in Nabenhöhe
2. Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe
3. Die spezifische Leistung des Windes, ausgedrückt in W/m^2 , in Nabenhöhe
4. Windrose, Bezeichnung der Hauptwindrichtungen.
5. Dokumentation über
 - Messkampagne, Messanordnung, verwendete Systeme
 - Methoden der Hochrechnung auf langjährige Werte
 - Methoden der Hochrechnung des vertikalen Windprofils

Durch Angabe der Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit besteht anschliessend an das Windgutachten die Möglichkeit, in Abhängigkeit vom Typ der vorgesehenen Anlage und der Nabenhöhe den Jahresertrag zu ermitteln. Die Kosten für ein Windgutachten sind abhängig davon, ob am Standort Messungen durchzuführen sind oder nicht. Ohne Messungen (mit einfacher Modellabschätzung) kann mit Fr. 2'000.-- bis 5'000.-- gerechnet werden. Messungen (1 Jahr) kosten um Fr. 20'000.-- bei Messhöhen bis 30 m.ü.G (je nach Standort teurer bei 30m Masten). Bei Messungen in grösseren Höhen fällt der Messturm bei den Kosten massiv ins Gewicht. Messtürme von 60m kosten über Fr. 40'000.- für ein Jahr Messung (inkl. Montage, Fundament etc.)

3.3. Erschliessung

3.3.1. Strassentransport

Auch die Kosten für die Zufahrt können den wirtschaftlichen Betrieb eines Windenergieanlagenprojektes massgeblich beeinflussen. Da der Transport der Maschinenteile über Sattelzüge geschieht und die Aufstellung selber durch ein oder mehrere Autokrane erfolgt, wird von den meisten Windenergieanlagenherstellern vorgegeben, daß die tragfähige Achslast der Zufahrt mindestens 12 t betragen muß. Aufgrund der Breite der Fahrzeuge sind Zufahrtsbreiten von mehr als 3.5 m vorgegeben. Bei der Zufahrt ist auch darauf zu achten, daß Sattelschlepper, Autokrane und v.a. der Transport der Rotorblätter einen bestimmten Kurvenradius benötigen. Letztlich ist auch die lichte Höhe der Zufahrt zu beachten, da die Fahrzeuge eine Fahrhöhe von mehr als vier Meter benötigen.

Die Begehung der Zufahrtsstrecke mit einem ausgewiesenen Transportunternehmen - im Rahmen des Vorprojektes - lohnt sich auf jeden Fall.

Sofern die Zufahrt nicht nur über eigene, sondern auch über Fremdgrundstücke führen soll, ist mit den entsprechenden Eigentümern eine Nutzungsvereinbarung bezüglich der Zufahrt zu treffen. In manchen Fällen wird hierfür ein jährliches Entgelt gefordert.

Bei der Projektierung der Windenergieanlage(n) ist zu berücksichtigen, dass im Gebirge die Zufahrt für den Bau und die Wartung saisonal beschränkt sein kann.

Bauliche Veränderungen an den Strassen sind auf ihre Umweltverträglichkeit zu prüfen.

¹¹ - Infostelle Wind, c/o Nova Energie,
Schachenallee 29, 5000 Aarau Tel. 062 / 834 03 23
- Eole-Info, c/o Planair,
Crêt 108A, 2314 La Sagne, tel. 032 / 931 18 68



3.3.2. Unwegsames Gelände

Hubschraubermontage

Für Windenergieanlageninstallation mit schlechter Zufahrt ist der Einsatz von Hubschraubern zu prüfen. Die maximale Traglast der grössten Helikopter beträgt rund 7 Tonnen, welche mit zunehmender Höhe aufgrund der reduzierten Luftdichte noch abnimmt. Die Anlieferung der Windenergieanlage in kleineren Einzelkomponenten führt - nebst den teuren Flügen (Fr. 160.- - 260.- / Min) zu einer zusätzlichen Kostensteigerung.

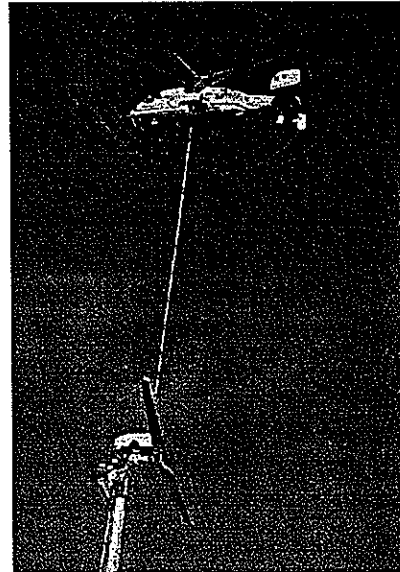


Abb. 2: Montage einer 30 kW-Windenergieanlage auf dem Titlis (3000 m.ü.M.) (Photo A. Pfluger)

Montage mit Seilwinde

Bei kleineren und mittleren Anlagen (bis \approx 250 kW) besteht die Möglichkeit, die Anlage am Boden zu montieren und anschliessend mit einer Seilwinde aufzurichten

Gleitschalung-Betonmast

Für den Bau von grössere Anlagen mit schlechter Zuwegung ist die Konstruktion mit einem - vor Ort gebauten - Betonmast zu prüfen.

3.4. Netzanschluß

Die Wirtschaftlichkeit einer *Windenergieanlage* hängt auch von den Netzanschlusskosten ab. Unter Netzanschlusskosten werden die Kosten verstanden, die aufzuwenden sind, um die *Windenergieanlage* an die nächstgelegene Mittelspannungsleitung oder das nächst gelegene Umspannwerk anzuschließen, Neben der Entfernung der vorgesehenen *Windenergieanlage* zum nächstgelegenen Netzanschlusspunkt ist auch die Kapazität des vorhandenen Mittelspannungsnetzes ausschlaggebend.

Sehr häufig werden *Windenergieanlagen* an Standorten geplant, die im Endverzweigungsbereich eines Mittelspannungsnetzes liegen. Demzufolge ist auch die anschliessbare Leistung entsprechend gering. Die mögliche Anschlussleistung ist auch davon abhängig, ob der vorgesehene *Windenergieanlagentyp* mit einem Synchron- oder Asynchrongenerator ausgestattet wird.

Um diese Frage zu klären, ist es unabdingbar, beim zuständigen EW einen Antrag auf Netzanschluss zu stellen. Vom EW werden dann Netzanschlussberechnungen durchgeführt, die letztlich ergeben, welche Leistung an welchem Punkt in das öffentliche Netz eingespeist werden kann.

Kosten für unterirdische Kabel liegen bei Fr. 80.-/Laufmeter für den Graben und Fr. 25.-/Laufmeter für das Kabel (30kW Anlage) resp. Fr. 100.-/Laufmeter (500kW Anlage).



3.4.1. Antragstellung¹²

Für eine zügige Abwicklung der Kostenermittlung benötigen die Energieversorgungsunternehmen einen formlosen Antrag, der mindestens folgende Angaben enthält:

1. Vollständiger Name und Anschrift (Telefon, Telefax) des Errichters der Anlage.
2. Name und Anschrift des Grundstückseigentümers und Angaben dazu, ob die Grundstücksfragen abschließend geklärt sind.
3. Genaue Angaben über den Standort der Anlage mit Lageplan im Maßstab 1:5000.
4. Angaben über den Stand der baurechtlichen Genehmigung (Raumplanungsverfahren, Baubewilligung, Einvernehmen der Gemeinde usw.).
5. Anzahl der geplanten Anlagen
6. Technische Beschreibung der geplanten Anlage mit Aussagen über
 - Leistung der Anlage (kW)
 - Leistungsfaktor (Cos phi)
 - Kompensationsanlage (Leistung und Regelbereich)
 - Art des verwendeten Generators (Synchron/Asynchron)

Dieser Antrag ist Grundlage für eine Netzberechnung, aus der die Anschlußmöglichkeiten für die beantragte Anlage hervorgehen.

Mit einem Angebot erhält der Antragsteller dann klare Informationen, die für seine weiteren Planungen notwendig sind. Im einzelnen sind dies:

- die genauen Kosten des Anschlusses bis zur Übergabestelle
- die Kosten für die Messung
- Vereinbarung eines Zahlungszieles

3.4.2. Übergabestelle

Wie der elektrische Anschluß einer *Windenergieanlage* an das vorhandene Netz ausgeführt werden muß, hängt im Wesentlichen von der Gesamtleistung der Anlagen und seinem Standort ab.

Anlagen bis zu einer Leistung von 40 kW lassen sich in aller Regel über einen vorhandenen Niederspannungshausanschluß anschließen, wenn es sich um einen Erdkabelanschluß handelt.

Bei *Windenergieanlagen* mit einer Leistung bis 100 kW wird in der Regel die Verlegung eines Sonderstromkreises zur nächsten Transformatorstation erforderlich. Dies gilt auch für kleinere Anlagen, wenn der Anschluß an den vorhandenen Hausanschluß nicht möglich ist. Bei diesen Anschlüssen kann es erforderlich werden, den vorhandenen Ortsnetztransformator gegen einen Transformator größerer Leistung auszutauschen. Dies kann weitere Kosten zur Folge haben, die im Einzelfall kalkuliert werden müssen.

Der Anschluß von größeren Anlagen und **Windparks** erfolgt generell über eine gesonderte Übergabestation, die auch die Meßeinrichtung aufnimmt.

¹² Auszüge aus: ASÊW Berater-Informationsmappe "Windenergie" Kap. 15

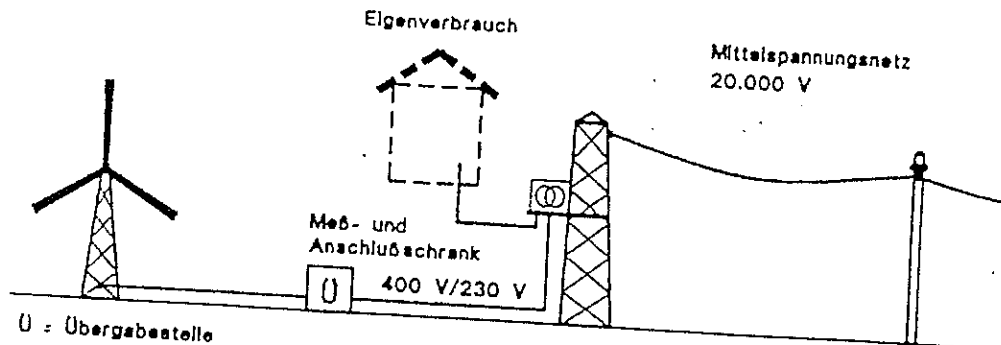


Abb. 3: Anschlussschema für Anlagen mit einer Leistung von bis 100 kW

3.4.3. Herstellung des Anschlusses

Nach endgültiger Entscheidung für den Bau der Windenergieanlage erteilt der Antragsteller dem EW einen schriftlichen Auftrag zur Herstellung des Anschlusses. Mit dem Einbau der Meßeinrichtungen erfolgt die Inbetriebnahme der Anlage, dabei findet eine Überprüfung der wichtigsten die Einspeisung betreffenden Sicherheitseinrichtungen durch das Starkstrominspektorat statt.

3.4.4. Stromabrechnung

Für die Abrechnung der elektrischen Energie sind zwei Meßeinrichtungen vorgesehen, die den Bezug und die Einspeisung getrennt messen. Die Meßeinrichtung sollte vom EW bereitgestellt und mit einem jährlichen Meßpreis verrechnet werden

Der Bezug von Strom für die Windenergieanlagen wird nach dem jeweils gültigen Tarif abgerechnet.

Für die Vergütung des eingespeisten Stromes stellt der Betreiber in regelmäßigen Abständen eine Rechnung aus.

3.4.5. Hinweise für die Abschätzung der Spannung einer Freileitung¹³

Für die Bestimmung der Spannung einer Freileitung in der Nähe eines Standortes einer Windenergieanlage kann über die Mastbilder eine Schätzung gemacht werden. Ein wichtiger Hinweis für die Spannung ist die Größe der Isolatoren und die Höhe der Freileitungen.

Die Niederspannungsnetze 3x400 Volt sind meist auf Holzmasten montiert. Die Isolatoren sind versetzt montiert. Es gibt Netze wo die Neutralleiter gelbe Isolatoren aufweisen. Die Leiterzahl ist vier, eventuell ist eine Strassenbeleuchtung mit geführt, dann sind es fünf Leiter. Die Leistung dieser Netze liegt zwischen 100 und 300 kW.

Die Netze mit 1000 Volt sind Zuleitungen für entfernte Weiler und Bauernhöfe. Sie werden mit drei Leitern geführt. Die Spannung wird beim Verbraucher auf die Niederspannung 3x400 Volt umgespannt. Die Leistungsübertragung liegt zwischen 100 und 500 kW.

16 kV-Netze sind Zuleitungen für entfernte Weiler und Dörfer. Sie weisen drei Leiter auf. Die Isolatoren sind größer als im Niederspannungsnetz. Die verfügbare Leistung liegt zwischen 300 und 1000 kW.

¹³ Mastbilder von Überlandleitungen für die Einspeisung von Windkraftanlagen, 1997, Nova Energie GmbH



60 kV werden als Zuführung vielfach für Dörfer und Industrieanlagen gebraucht. Überlandleitungen von 110'000 Volt und mehr kommen für die Einspeisung einer WKA weniger in Frage, da diese meist Verbindungsleitungen von grossen Verteilanlagen sind.

Die erste Einschätzung der Übertragungsleistung einer Freileitung kann mit den beiliegenden Mastbildern erfolgen.

Für eine exakte Bestimmung der möglichen Einspeisung in eine Leitung muss mit dem EW Kontakt aufgenommen werden. Jeder Mast ist bezeichnet mit dem Namen des EW, einer Mast- und einer Leitungsnummer. Diese Angaben sind wichtig für das EW, um die maximale Einspeisungsleistung angeben zu können.

Für die Datenübertragung ist eine Telefonleitung von Vorteil. Ältere Überlandleitungen der Telecom sind auch Freileitung mit Isolatoren und blanken Kupferdrähten. Der Unterschied ist aus der Position der Isolatoren ersichtlich. Diese sind auf gleicher Höhe an der Stange montiert. Auch sind die Stangen weniger hoch als die Leitungen der EVU. Neuere Leitungen sind isolierte und verdrehte Zweidrahtleitungen, welche nur über Metallhaken geführt werden. Diese Masten haben keine Isolatoren mehr.

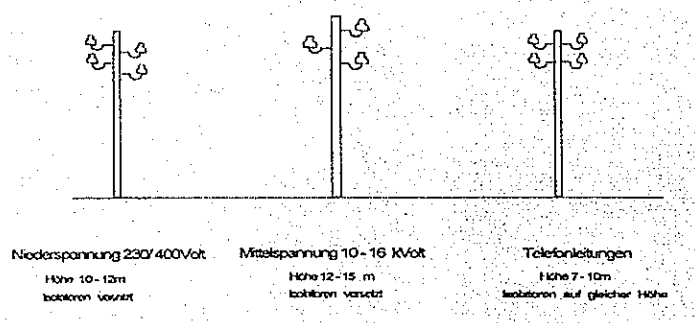


Abb. 4: Mastbilder kleinerer Überlandleitungen

3.5. Bodenbeschaffenheit

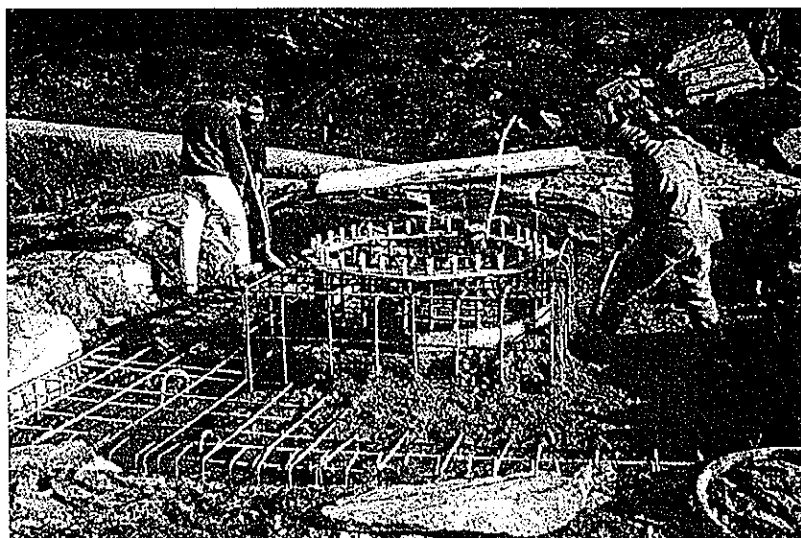


Abb. 5: Felsgründung des Fundaments der 30 kW-Anlage auf dem Simplon.

Von der Tragfähigkeit des Untergrundes ist es abhängig, ob die Windenergieanlage auf einem Flachfundament einrichtet werden kann, ob eine Verankerung direkt auf dem Fels möglich ist oder ob eine Tiefgründung notwendig wird.



Demzufolge ist eine Bodenuntersuchung durch eine oder mehrere Rammkernsondierungen am vorgesehenen Standort unabdingbar.

Die Erfahrungen der Tiefbaufirmen, welche im entsprechenden Gebiet bereits Bauvorhaben durchführen, sollten unbedingt beigezogen werden.

Die Kosten für eine Untersuchung liegen bei etwa 3000 Fr.

3.6. Meteorologische Risiken

3.6.1. Eisbildung

Eisbildung hat verschiedene negative Einflüsse für die Windenergienutzung. Schon bei der Standortabklärung mittels Messung der Windverhältnisse erfordert häufige Eisbildung an den Windmessern eine aufwendige Messtechnik und/oder Datenkontrolle (Vgl. Anhang). Beim Betrieb der Anlage stehen folgende Effekte im Vordergrund:

- Die Leistung der Anlage sinkt massiv bei Eisansatz an den Rotorblättern durch Verschlechterung des aerodynamischen Profils.
- Eis kann vom drehenden Rotor weggeschleudert werden und gefährdet in der Umgebung Mensch und Tier (vgl. Kapitel 4.2.1).
- Eisansatz am Windmesser auf der Anlage stört die Anlage-Steuerung.

Arten der Vereisung

Reif ist geforener Wasserdampf, der sich mehr oder weniger dicht an der Blattoberfläche anlagert. Nur dünne Eisschicht bei Temperaturen unter -12°C .

Klareis: Unterkühltes Wolkenwasser gefriert nach und nach an der Vorderkante von Tragflächen, Leitwerken und Propellerblättern. Klareis tritt im Temperaturbereich von 0 bis -6°C auf. Dicke Eisschicht ist möglich durch grosse Tropfen.

Rauheis: Bei Temperaturen zwischen -6 und -15 Grad gefriert unterkühltes Wasser unter Einschluss von Luftbläschen und bildet eine rauhen, gegen den Wind wachsenden Eisansatz. Kleine Tropfen. Dicke Eisschicht möglich.

Beurteilung des Risikos von Vereisung

Die Vereisungskarte gibt dem Windenergieplaner einen Anhalt, mit welcher Beeinträchtigung durch Vereisungen an einem Standort zu rechnen ist. Sie zeigt, wie viele Stunden im Jahr die klimatischen Verhältnisse so sind, dass sich an Oberflächen, wie zum Beispiel Rotorblättern, Reif bzw. Eis bildet.

Im Rahmen des europäischen Projekts WECO (Windenergy in Cold Climate) wurde das Risiko der Vereisung europaweit abgeschätzt. Die Abschätzung basiert auf der Beobachtung der Bewölkung (und Nebel) und der Temperatur. Das Risiko wird klassiert in drei Stufen (leicht = 1 Tag/Jahr, mittel = 5 Tage/Jahr, schwer = 25 Tage pro Jahr).

Für die Schweiz wurde für die Höhengniveaux 1000m.ü.M., 1500m.ü.M und 2000m.ü.M die Anzahl Tage mit Vereisungsrisiko pro Jahr in einem ersten, einfachen Verfahren abgeschätzt¹⁴.

Die Karten basieren auf Daten von 20 Messstationen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt SMA (Mittelwerte der Jahre 1993-97). Sie können daher nur einen groben Ueberblick darstellen. Besondere lokale Verhältnisse konnten nicht berücksichtigt werden.

Die Auswertung der Erfahrungen mit bestehenden Anlagen in der Schweiz ist noch unsicher. Die Betreiber können aktuell keine klare Angabe zum Ertragsverlust aufgrund von Vereisung machen.

¹⁴ ADEV Liestal, K.Mertens: Schlussbericht WECO (Wind energy in cold climate), 1998

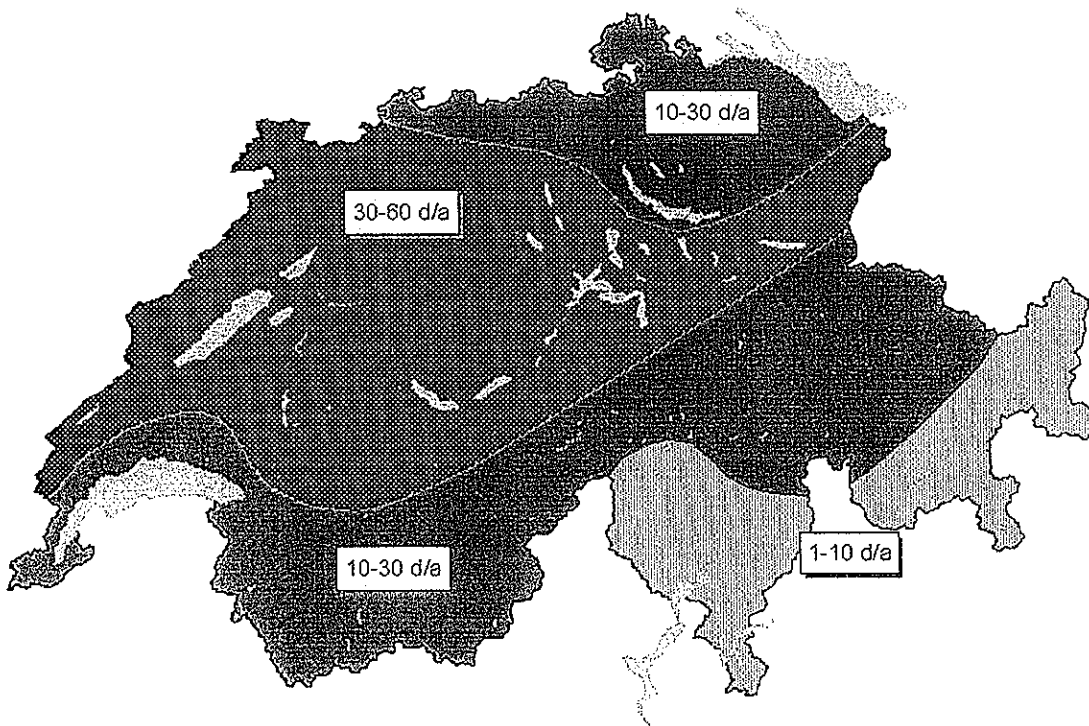


Die Werte einzelner Jahre können stark vom Mittelwert abweichen. Als Beispiele dafür sind die Stationen Payerne, Magadino und St. Gallen in der folgenden Tabelle angegeben. Die Karte zeigt das Vereisungsrisiko auf 1500 m.ü.M.

Tab. 3: Risiko der Eisbildung in # Stunden pro Jahr über den Standorten Payerne, Magadino und St. Gallen.

Station	Höhe über Grund	Mittelwert	1993	1994	1995	1996	1997
Payerne 490 müM	1000 m	571 h	101%	54%	79%	145%	121%
	1500 m	797 h	107%	110%	111%	106%	66%
	2000 m	555 h	89%	97%	119%	97%	97%
Magadino 197 müM	1000 m	154 h	86%	71%	93%	148%	101%
	1500 m	216 h	66%	65%	76%	184%	112%
	2000 m	231 h	79%	93%	83%	113%	131%
St. Gallen 779 müM	1000 m	0 h					
	1500 m	366 h	119%	116%	124%	95%	47%
	2000 m	1697 h	89%	106%	103%	101%	101%

Abb. 6: Vereisungsrisiko auf 1500 m.ü.M gemäss Klassierung im europäischen Forschungsprojekt WECCO. Die Karte basiert auf Resultaten des Schweizerischen Projektes¹⁴.





3.6.2. Gewitter / Blitzschlag

Gewitter mit Blitzschlag stellen ein erhebliches Risiko für ungeschützte Anlagen dar. Im grössten Verbreitungsgebiet von Windenergieanlagen in Europa (Nordsee-Küste) ist das Blitzrisiko wesentlich kleiner als auf typischen Windenergie-Standorten in der Schweiz. Auswertungen des 250 MW Programms in Deutschland¹⁵ zeigen für Anlagen im Mittelgebirge ein ca. 3 faches Risiko, Blitzschäden zu erleiden, als für Anlagen an Küstenstandorten. Während in Küstengebieten 2.4% Direkteinschläge mit Schäden pro WEA-Jahr registriert wurden, sind es im Mittelgebirge 6.1% (dh in ca. 6 von 100 Jahren).

Detaillierten Karten über langjährige Mittelwerten zum Blitzrisiko existieren nicht. Auswertungen zur Gewitterhäufigkeit lassen aber Schlussfolgerungen zu.

Für Deutschland gilt folgende Zunahme des Gewitterrisikos von Norden nach Süden¹⁶:

- Nordseeküste: 15 Gewittertage pro Jahr (Minimum)
- Schwarzwald : 25 Gewittertage pro Jahr
- Bayrische Alpen 30 Gewittertage pro Jahr

Die Situation in der Schweiz kann in erster Näherung derjenigen der Bayrischen Alpen gleichgesetzt werden. Bei der Planung der WEA ist auf optimalen Blitzschutz (inkl. Rotorblätter) zu achten.

Betreiber von Blitzortungssystemen führen (gegen Verrechnung) für spezifische Standorte (auf einige 100 m. genau) Analysen des Blitzrisikos durch:

- Deutschland und Nordost-Schweiz: BLIDS (BlitzInformationsDienst von Siemens)
SIEMES AG ATD TD, Siemensallee 84 D-76187 Karlsruhe
tel. +49 0721 595 6925..fax. +49 0721 595 6719
- Frankreich/ Schweiz: METEORAGE in der Schweiz vertreten durch
METEOCOM SA CH-1589 Chabrey, tel. 026 677 48 77 fax 026 677 49 77

3.7. Natur- und Landschaftsschutz

3.7.1. Allgemeines

Eine zentrale Forderung der nachhaltigen Entwicklung ist die Reduktion des Energieverbrauches und die Substitution nicht erneuerbarer durch erneuerbare Energien. Mit dem ausgewiesenen Potential von rund 3,5 % des Energieverbrauches 1995 kann die Windenergie als erneuerbare, CO₂-freie Form der Energiegewinnung einen relevanten Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz leisten.

Klimaschutz, Ressourcenschonung, Energiepotential und Wirtschaftlichkeit sind schlagende Argumente für die Windenergie. Dass die Windenergie dennoch nicht auf vorbehaltlose Akzeptanz stösst, ist u. E. letztlich auf zwei Problemkreise zurückzuführen:

1. In Deutschland geniesst die Windenergie dank Investitionsbeihilfen, Steuererleichterungen, bau-rechtlicher Sonderregelungen und dem Stromeinspeisegesetz von 1990 eine Vorzugsbehandlung. Diese verschiedenen Förderungsmassnahmen machen den Betrieb von Windkraftanlagen wirtschaftlich interessant und haben zu einem eigentlich Windenergie-Boom mit Boom-typischen, negativen Begleiterscheinungen geführt. Durch fehlende raumplanerische Massnahmen kam es teilweise zu einer unkoordinierten Entwicklung mit entsprechendem Imageverlust. Die traditionelle Elektrizitätswirtschaft macht zudem aus wirtschaftlichen Eigeninteressen mobil gegen die Windenergie. Diese Entwicklung hat dem Ansehen der Windenergie als umweltschonende, saubere Energie geschadet, die Akzeptanz in der Öffentlichkeit beeinträchtigt und hat teilweise auch bis in die Schweiz gewirkt.

¹⁵ Durstewitz, M. et al. ISET 1996: Spezifische Bedingungen für den WEA Betrieb im Binnenland. Deutsche Windenergie-Konferenz DEWEK'96.

¹⁶ Liliequist, G.H. 1974: Allgemeine Meteorologie. Vieweg Verlag, Braunschweig:
Karte Deutschland Seite 184



2. Die Windenergienutzung ist raumwirksam. Während die eigentliche Bodenbeanspruchung sehr gering¹⁷ ist, wird das Landschaftsbild, die Kulturlandschaft durch die rund 40 bis 50 m hohen Windturbinen erheblich beeinflusst und geprägt. Die Raumwirkung der Windenergienutzung ist die wesentliche Konfliktlinie, die bei jedem Windenergieprojekt virulent ist und der besondere Beachtung geschenkt werden muss.

Während die Imageverluste aufgrund der teilweise ungeordneten Entwicklung in Deutschland primär auf Fehler, Fehleinschätzungen und Versäumnisse in der Raumplanung zurückzuführen sind, stellt die Raumwirkung objektiv einen erheblichen Eingriff in die (Kultur-) Landschaft dar. Daneben sind aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes die Lärmemissionen einerseits und die Auswirkungen auf die Vogelwelt andererseits von Relevanz.

3.7.2. Landschaftsschutz

Die Diskussion um geeignete Standorte für Windkraftanlagen ist in Deutschland schon relativ weit gediehen (Buser 1994). Die Bundesländer Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein haben Richtlinien erlassen für den Bau von Windkraftanlagen. Auch der Naturschutzbund Deutschland hat Richtlinien für das Aufstellen von Windkraftanlagen zusammengestellt (NABU). Beide Richtlinien machen Aussagen über Gebiete, die für die Errichtung von Windkraftanlagen grundsätzlich geeignet bzw. nicht geeignet sind.

Tab. 4: Kriterien bezüglich Landschaftsschutz. Die Grösse von Pufferzonen ist im Einzelfall abzuwägen.

Grundsätzlich geeignete Gebiete	Nicht oder bedingt geeignete Gebiete
<ul style="list-style-type: none"> die Nähe vorhandener Bauwerke, d.h. ohnehin belastete Gebiete und ein wenig bewegtes Relief 	<ul style="list-style-type: none"> Naturschutzgebiete und Gebiete mit einer „besonderen Naturlausstattung“ mit einer Pufferzone von 200 bis 500 m Flächen, die der Erholung dienen mit einer Pufferzone von 50 bis 500 m Flächen, die landschaftlich besonders reizvoll sind mit einer Pufferzone von 50 bis 500 m

Quellen: Naturschutzbund Deutschland (NABU): Windenergie und Naturschutz sowie Natur und Landschaft 1/94 und 3/94.

Grundsätzlich sind Gebiete als geeignet zu beurteilen, die bereits über optische Belastungen verfügen (z.B. touristische Infrastrukturanlagen, wie Bergbahnen, Skilifte u.ä.m.), sich durch ein wenig bewegtes Relief auszeichnen und nicht gut einsehbar sind (Hochplateau). Als ungeeignete Gebiete sind Naturschutzgebiete und Gebiete mit einer besonderen Naturlausstattung sowie besonders reizvolle Erholungsgebiete zu betrachten.

Die Schweizerische Stiftung für Landschaftsschutz und Landschaftspflege (SL) verfasste im November 1996 ein Positionspapier zum Thema Windkraft und Landschaftsschutz (Rodewald 1996). Die SL begrüsst dabei die Förderung erneuerbarer Energien im Allgemeinen und der Windenergie im Speziellen. Dabei geht die Stiftung aber davon aus, dass für grossflächige Windparks geeignete, wenig konfliktbehaftete Standorte in der Schweiz fehlen. Bei der Standortevaluation und Beurteilung der Projekte seien

- das Landschaftsbild und der Naturhaushalt einzubeziehen;
- nur Gebiete zu berücksichtigen, die bereits durch Bauten und Anlagen geprägt sind;

¹⁷ Allerdings gilt zu beachten, dass beim Bau eine wesentlich grössere Fläche beansprucht wird. Bei kleinräumig gegliederten, ökologisch wertvollen oder empfindlichen Böden kann dabei der ursprüngliche Zustand nur teilweise wiederhergestellt werden. Ist dies der Fall, gilt es neben der Raumwirksamkeit auch die Bodenbeanspruchung zu berücksichtigen. Ebenfalls zu beachten sind indirekt durch die Erschliessung wirkende, ökologisch negative Effekte (z.B. Nutzungsintensivierung durch verbesserte Zufahrtswege).



- wichtige Erholungsgebiete zu verschonen und ausreichende Abstände zu Natur- und Landschaftsschutzgebieten und zu kulturgeschichtlich bedeutenden Gebieten und Objekten zu gewährleisten;
- der Vogelschutz zu berücksichtigen sowie Brut-, Habitat- und Durchzugsgebiete der Vögel nicht zu tangieren;
- die übrigen rechtlichen Schutzbestimmungen einzuhalten sowie
- die akustischen Aspekte einzubeziehen.

Bei der Erhebung der Windpotentialgebiete (Buser, Kunz, Horbaty 1996) wurden diese Aspekte weitgehend berücksichtigt. Zudem wurden bei Gesprächen mit Vertretern der Kantone mit den grössten Potentialen die möglichen Standorte einer ersten Prüfung unterzogen. In den entsprechenden Kantonsdossiers ist die allgemeine Beurteilung der Potentialstandorte durch die Kantonsvertreter wiedergegeben.

Die optische Wirkung der Anlagen ist also die wohl grösste „Emission“ der Windenergie. Um eine bestimmte Leistung zu installieren, kann man viele kleinere Einzelanlagen oder wenige Windparks bauen. Beide Konzepte haben ihre Vor- und Nachteile. Kleinere Anlagen sind weniger effizient und verbrauchen viel Fläche, geniessen i.d.R. aber eine höhere Akzeptanz und fügen sich besser ins Landschaftsbild ein. Windparks und Supertürme (bis 70 m hoch) erlauben tiefere Stromgestehungskosten, konzentrieren die Stromproduktion in einzelnen Gebieten und verbrauchen eine geringere Fläche, verfügen aber über eine grosse optische Fernwirkung. Im konkreten Fall müssen bei der Dimensionierung der Anlage die Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen werden.

Durch gestalterische Massnahmen, wie Farbgebung oder Begrünung des Fundamentes und der nahen Umgebung (Hecken), kann eine Anlage besser in die Landschaft eingebettet werden.¹⁸ Zudem sollen Zufahrtswege auf ein Minimum begrenzt und nicht versiegelt werden (Schotter- anstelle von Asphaltbelägen). Trotz möglichst natur- und landschaftsverträglichen Gestaltung bleibt eine WEA ein prägendes Element in der Landschaft. Hauptproblem aus der Sicht des Landschaftsschutzes stellt dabei die senkrechte Silhouette der WEA dar. Ein Standort sollte so gewählt werden, dass die Horizontlinie möglichst wenig durchstossen wird. Dabei gilt es sorgfältig zwischen Energieertrag und Landschaftsbild abzuwägen. Sind befriedigende Lösungen nur mit einem grossen Energie-Minderertrag zu realisieren, muss u.E. das ganze Projekt grundsätzlich – sowohl aus ökonomischer wie aus landschaftsschützerischer Sicht – in Frage gestellt werden.

Untersuchungen in Schweden, den Niederlanden und Grossbritannien aus den frühen neunziger Jahren weisen daraufhin, dass die Landschaftsbeeinträchtigung um so erheblicher beurteilt wird, je mehr Windkonverter an einem Standort erstellt werden. Die Höhe der einzelnen Anlagen wird dagegen als weniger relevant beurteilt. Eine britische Studie hat ergeben, dass Personen, die in der Nähe einer WEA wohnen, die Windenergie besser akzeptieren, als Personen, die in Gebieten ohne WEA wohnen. Auch weist die Studie aus, dass die negativen Auswirkungen geringer als befürchtet beurteilt werden.

Günstig sind Gebiete, die bereits durch andere Bauten und Anlagen, wie Strassen und Bahnlinien, touristische Transportanlagen, wie Bergbahnen und Skilifte, Gebäude, Flugplätze, militärische Einrichtungen, Antennenanlagen u.ä.m. belastet sind. Allerdings wird teilweise argumentiert, dass solche Gebiete keine weitere Belastung mehr vertragen würden. Es ist aber sicher sinnvoller, bereits belastete Gebiete für WEA-Standorte zu wählen, als unberührte Landschaften.

Schutzgebiete, inkl. einer ökologisch und landschaftlich sinnvollen Pufferzone (50 bis 500 m), sind für die Errichtung von Windenergieanlagen ungeeignet. Die einschlägigen rechtlichen Bestimmungen zu den Schutzgebieten schliessen in vielen Fällen die Errichtung von Kunstbauten grundsätzlich aus. Aber auch wenn allenfalls die Errichtung einer Anlage möglich wäre, ist mit dem Widerstand der Natur- und Landschaftsschutzorganisationen zu rechnen. Bei der Erhebung der Windpotentialstandorte wurden nur

18 Vgl. hierzu z.B. Eidg. Departement des Innern (Hrsg.), 1980: Elektrizitätsübertragung und Landschaftsschutz. Wegleitung, EDMZ: Bern.



Gebiete ausgewiesen, die in keinem Schutzgebiet liegen.¹⁹ Die Ergebnisse zeigen, dass es in der Schweiz eine ausreichend grosse Zahl von geeigneten Standorten gibt, die nicht in Schutzzonen liegen.

Vor allem Gebiete, die durch folgende Inventare geschützt sind, sind als mögliche Windstandorte nur bedingt oder nicht geeignet:

- Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN-Gebiete)
- Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung
- Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung
- Bundesinventar der Wasser- und Zugvogelreservate in internationaler und nationaler Bedeutung
- Bundesinventar der eidgenössischen Jagdbanngebiete
- Ramsar-Feuchtgebiete der Schweiz
- Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung
- Flachmoore, regional
- Bundesinventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung
- Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung
- Schweizerischer Nationalpark
- Réserves Biogénétiques
- Inventar der Trockenwiesen und -weiden der Schweiz (in Erarbeitung)
- Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz, ISOS
- Inventar der Gletschervorfelder und alpinen Schwemmebenen, IGLES

Es empfiehlt sich in jedem Fall, bei der Standortabklärung vorgängig der entsprechende Richtplan zu konsultieren. In diesem sind die Schutzgebiete ausgeschieden und die Nutzungseinschränkungen genannt. Die Schutzgebiete von kommunaler Bedeutung sind in den entsprechenden kommunalen Plänen ausgeschieden.

3.7.3. Fauna

Vogelzug

Neben dem Natur- und Landschaftsschutz wird bei Windkraftprojekten häufig auch die Frage nach den Auswirkungen der Anlage auf den Vogelzug aufgeworfen. Die Schweizerische Vogelwarte Sempach geht davon aus, dass der Vogelzug durch eine Windkraftanlage kaum beeinträchtigt wird (vgl. Buser, Kunz, Horbaty 1996).

In der Schweiz gibt es keine eigentlichen „Vogelzug-Strassen“ sondern der Vogelzug findet grundsätzlich auf breiter Front in NNE-SSW-Richtung statt. Je nach Wetter und Gebiet variiert dieser aber. Hohe Gebirgszüge (Alpen und Jura) lenken den Vogelzug ab. Als Faustregel gilt, dass die Ablenkung um so grösser ist, je höher die Gebirgszüge sind und je weniger sie von der Hauptzugrichtung abweichen. Jura und Alpen liegen ungefähr in Zugrichtung und sind relativ hoch. Beide lenken den Vogelzug daher ab. Dies führt zu leichten Konzentrationen des Zuges vor hohen Kämmen und in NE-SW verlaufenden Tälern.

Weiter ist die Konzentration von Vögeln eher ein regionales als ein lokales Phänomen und wird bestimmt durch die Tages- und Jahreszeiten sowie die Windverhältnisse. Während des Tages ziehen die

¹⁹ Es wurden nur Schutzgebiete berücksichtigt, die in digitaler Form vorlagen. Dadurch sind kantonale oder kommunale Schutzgebiete i.d.R. nicht berücksichtigt. Die Kantonsbesuche haben aber gezeigt, dass in den meisten Fällen die wesentlichen Schutzgebiete mit dem gewählten Vorgehen berücksichtigt werden konnten.



Vögel mehrheitlich in den untersten 200 m ab Boden. Bei starkem Wind (Gegenwind) erhöhen sich die Konzentrationen in den untersten 10 bis 50 m. Während der Nacht fliegen die Vögel wesentlich höher. Die Mehrzahl fliegt auf einer Höhe von bis zu 1'000 m ab Boden. Um überhaupt Zusammenstösse mit Hindernissen (Bäume, Gebäude, etc.) zu vermeiden, halten die Vögel einen Mindestabstand ab Boden von mindestens 30 m.

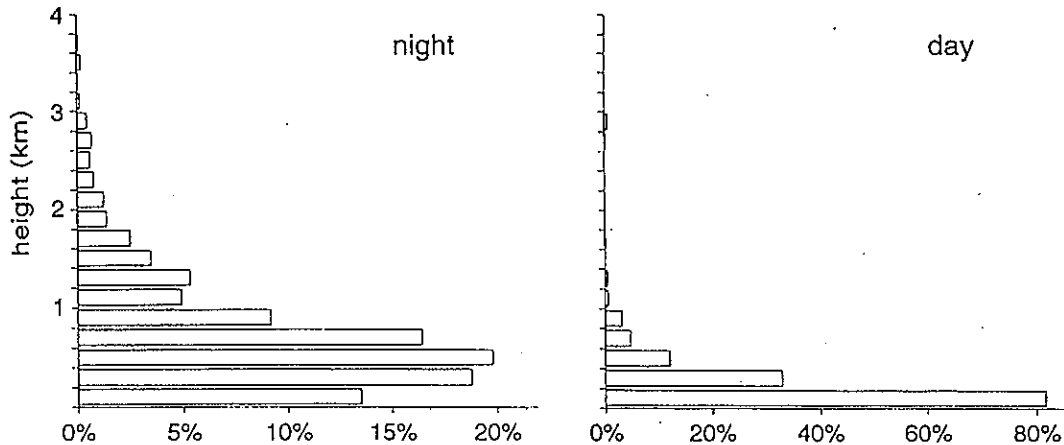


Abb. 7: Höhenverteilung des Vogelzuges am Tag und in der Nacht (Bruderer 1996b)

Der im Herbst deutlich stärker konzentrierte Vogelzug als der Rückflug im Frühjahr wird vor allem auf den Jura- und Alpenverlauf zurückgeführt.

Bei Westwindverhältnissen können die grössten Vogelkonzentrationen beobachtet werden und der Vogelzug verläuft entlang der in NE-SW Richtung verlaufenden Jura- und Alpenkämme, so z.B. entlang des Jurahauptkammes im Dünnerntal, Birstal, Vallon de St-Imier und Val de Travers sowie vor dem Voralpen- und Hauptalpenkamm.

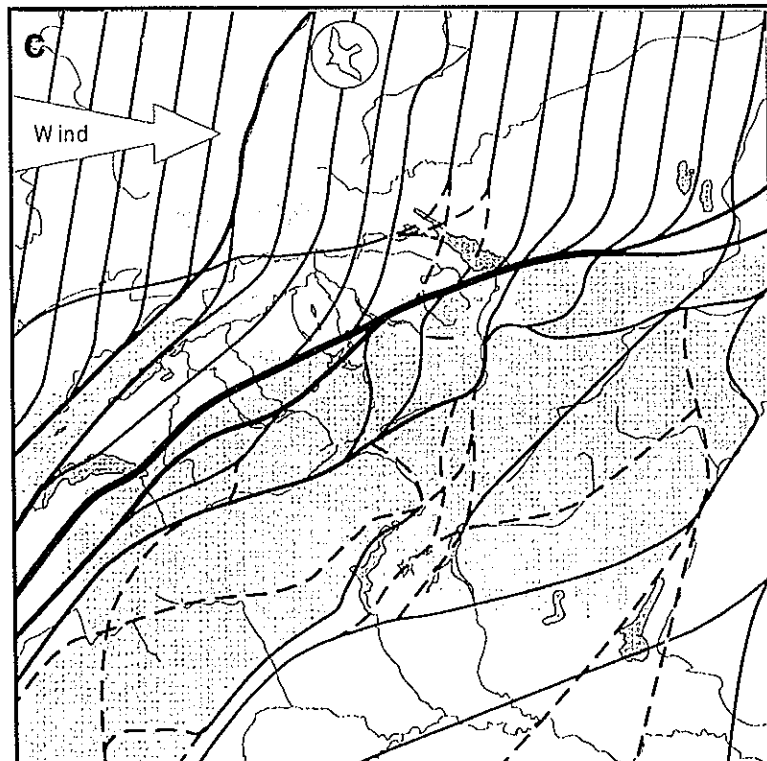




Abb. 8: Verlauf des Vogelzuges bei Westwindverhältnissen (Bruderer, 1996a). Die Linien geben die Richtung an. Der Vogelzug findet auf breiter Front statt. Die Dicke der Linien deuten an, wo der Herbstzug über der Schweiz leicht konzentriert wird. Sie geben aber keine genaue Lage des Zuges (keine „Zugstrasse“) an. Der Zug findet auch zwischen den Linien statt. Konzentrationen ergeben sich allenfalls in den Haupttälern von hohen Hindernissen.

Aufgrund der Ausführungen der Vogelwarte Sempach (Dr. Bruno Bruderer) kann gefolgert werden, dass die Beeinträchtigung des Vogelzuges durch Windkraftanlagen mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht sehr bedeutend sein dürften. Bei starkem Gegenwind sind die Vögel am ehesten von Windkraftanlagen gefährdet, da sie dann tiefer fliegen. In der Regel fliegen die Vögel aber in Höhen, die von einer Windkraftanlage nicht erreicht werden. Zudem können die Vögel die Windkraftanlagen, wie übrigens andere Hindernisse, relativ gut wahrnehmen und entsprechend ausweichen. So ist bekannt, dass Vögel Hindernissen am Tag bis zu zehn Mal besser ausweichen können als in der Nacht und aus diesem Grund in der Dunkelheit auch wesentlich höher fliegen.

Die ausländischen Erfahrungen und wissenschaftlichen Untersuchungen bestätigen, dass von WEA nur ein geringes Vogelschlagrisiko ausgehen und allenfalls Änderungen des Zug-, Rast- und Brutverhaltens zu beobachten ist.

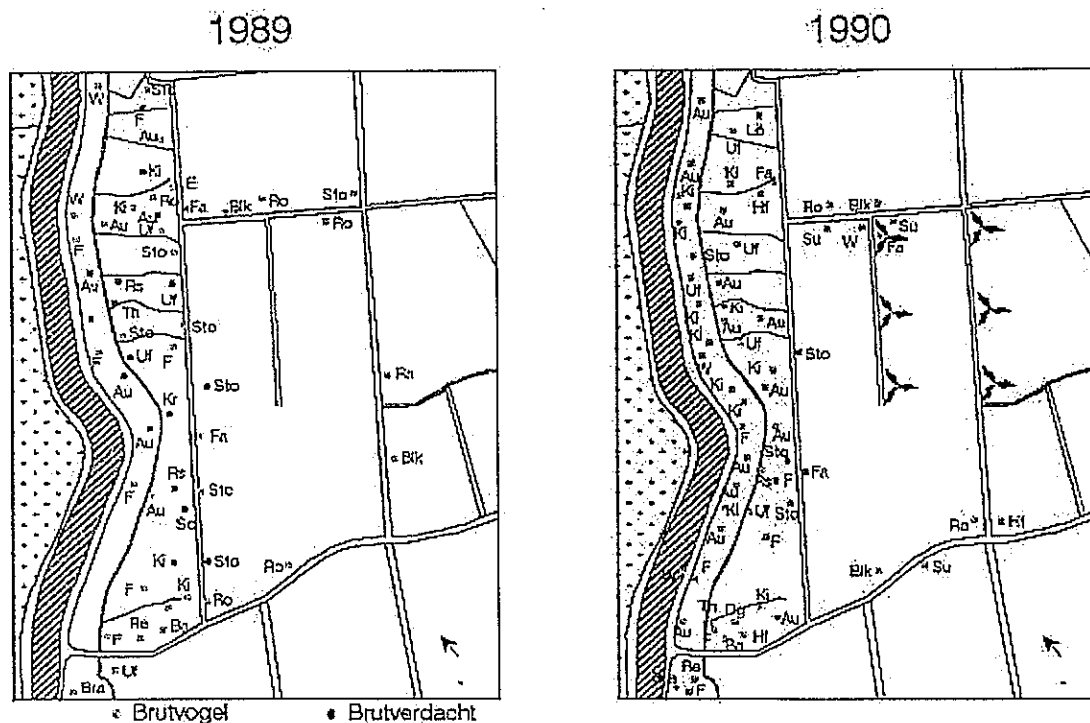


Abb. 9: Brutvogelkartierung vor und nach der Errichtung eines Windparks in der Krummhörn (D). Quelle: Vauk, G. (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen, in: NNA Berichte, 3. Jg., Hrsg. Norddeutsche Naturschutzakademie.

Die Norddeutsche Naturschutzakademie²⁰ hat im Rahmen eines Vorher-Nachhervergleiches die Auswirkungen einer WEA auf die Vogelwelt untersucht. Es zeigte sich, dass Brutvögel und Standvögel (Arten, die sich immer in der Nähe der Anlage aufhalten) durch die Windkraftanlagen nicht beunruhigt wurden. Aufgrund der, allerdings kleinräumigen, Beobachtungen ist anzunehmen, dass Zugvögel durch eine WEA zu Richtungsänderungen veranlasst werden und allgemein Vögel aufgrund der Geräusche und der Erscheinung die Anlagen eher meiden.

²⁰ Norddeutsche Naturschutzakademie (Hrsg.) (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen, Norddeutsche Naturschutzakademie 1990.



Wildtiere

Die Planungswerte für Lärmimmissionen gelten ausschliesslich für lärmempfindliche Orte gemäss der Lärmschutzverordnung LSV. Konkret bedeutet dies, dass mit Einhaltung dieser LSV-Vorschriften nur der "wohnende Mensch" erfasst wird. Demgegenüber gibt es keine Bestimmungen für die Beurteilung allfälliger schädlichen Lärmwirkungen für die Natur, d.h. die Wild- und Nutztiere, durch die Windenergieanlagen.

Es ist uns keine Literatur bekannt, die einen erheblichen negativen Einfluss des Lärms von Windenergieanlagen auf wildlebende Tiere nachweist. Es darf deshalb davon ausgegangen werden, dass sich Wildtiere nach einer gewissen Zeit an die Windenergieanlagen gewöhnen.

3.8. Nachbarschaft

3.8.1. Geräusentwicklung

Die Belästigung durch Geräusche wird subjektiv sehr unterschiedlich empfunden. Auch die Charakteristik des Geräusches (konstanter Breitbandlärm, anschwellend, pulsierend etc.) hat zudem einen grossen Einfluss auf die Geräuschwahrnehmung. Die Kennzahl, welche dem Höreindruck am nächsten kommt, ist der Schalldruckpegel (Dezibel, [dB(A)]). Eine Verdoppelung des Lärms bedeutet eine Zunahme um 6 dB(A). Tabelle 1 stellt einige typische Geräuschquellen und deren Schalldruckpegel [dB(A)] dar.

Tab. 5. Schalldruckpegel verschiedener Geräusche.

Schalldruckpegel [dB(A)]	Geräusch
25 - 30	Flüstern Lesesaal
30 - 40	Ruhige Wohngegend
40 - 50	Leise Unterhaltung
45 - 50	500 kW-WEK (in 100 - 200m Abstand)
55 - 65	Staubsauger
60 - 65	Warenhaus, lautes Büro
55 - 75	Eisenbahnabteil
70 - 80	Starker Straßenverkehr
75 - 85	U-Bahn, im Wagen
80 - 90	Lastwagen vorbeifahrend, Werkstätte
100 - 100	Kesselschmiede, lauter Donner
120 - 130	Schmerzgrenze des menschlichen Ohrs
130 - 150	Düsenflugzeug in unmittelbarer Nähe

Vor allem in dicht besiedelten Gebieten können WEK störend wirken. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass diese Geräusche nur insofern relevant sind, als sie die Hintergrundgeräusche übertönen, Wind ist von Natur aus selbst lärmig.

Aerodynamische Geräusche

Die Geräusche variieren aufgrund der Anzahl und der Form der Rotorblätter sowie der lokalen Luftturbulenzen und werden mit zunehmender Windgeschwindigkeit und Rotordrehzahl lauter. Sie unterscheiden sich in:

- hochfrequente "Breitband-Geräusche, welche - ähnlich wie bei einem Segelflugzeug - durch Wirbelbildung an den Flügelkanten und -enden verursacht werden und mit einem 'Swisch'-Laut charakterisiert werden können (Breitband = breites Frequenz-Spektrum der Geräusche).
- niederfrequente, pulshafte Geräusche, welche sich, obwohl kaum hörbar, über weite Distanzen fortpflanzen und zu Vibrationen in Gebäuden führen können. Sie treten jedoch hauptsächlich bei



sehr grossen Windturbinen (> 1 MW) und - in abgeschwächter Form - bei Horizontalachs-Windturbinen auf, welche den Rotor leeseitig vom Mast montiert haben.

WEK-Hersteller bemühen sich, durch aerodynamisch optimierte Rotorblattgestaltung diese aerodynamischen Geräusche zu vermindern.

Mechanische Geräusche

Dies sind meist hochfrequente Geräusche von rotierenden oder vibrierenden Maschinenteilen:

- Generator
- Generatorlüftung
- Getriebe
- Hydraulikpumpen etc.

Vor allem hohle Stahltürme wirken als eigentliche Resonanzkörper und können diese Geräusche noch verstärken. Mit einem entsprechenden Aufwand (Schalldämmung, Körperschallisolierung etc.) können die Maschinengeräusche - im Gegensatz zu den aerodynamischen - jedoch auf ein Minimum reduziert werden.

Schallimmissionen aus dem Betrieb von Windenergieanlagen

Als Schallimmissionen bezeichnet man die Schalleinstrahlung, d. h. die Höhe des einwirkenden Schalldrucks an einem gegebenen Ort. Dieser Ort, auch Immissionspunkt genannt, ergibt sich z. B. aus der Lage und Höhe eines Wohngebäudes.

Dagegen werden die Schallabstrahlungen einer Schallquelle als Schallemissionen bezeichnet. Ist die Schallquelle eine Windenergieanlage, so wird sie in der Regel als punktförmig betrachtet, mit Lage im Schnittpunkt der Rotor- und der Turmachse. Die Höhe der zu betrachtenden Schallquelle entspricht dann der Nabenhöhe der Anlage. Als mathematische-physikalische Berechnungsgrösse dient der Schalleistungs-Pegel L_w . Bei einer Turbine mit einer Leistung von 500 kW kann mit einem L_w von 95 bis max. 105 dB(A) ausgegangen werden.

In der Regel liegt der Schalleistungspegel als unter bestimmten Randbedingungen (insbesondere der Windgeschwindigkeit) vermessener Wert vor. Er kann zur Berechnung von Immissionen an einem bestimmten, nahegelegenen Ort herangezogen werden.

Der Geräuschpegel reduziert sich mit zunehmender Distanz von der Anlage. Bild 5 zeigt die Ausbreitung der Geräusche einer 500 kW-Anlage auf einem 50 m Mast.

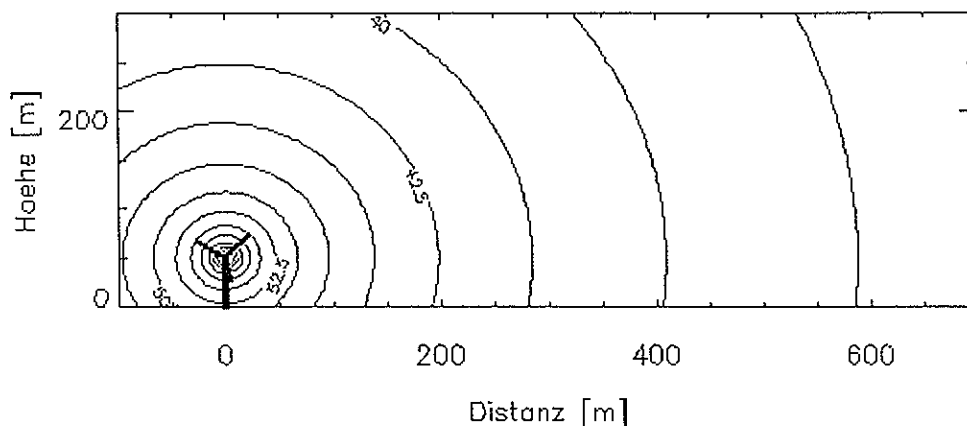


Abb. 10: Abnahme des Geräuschpegels einer Schallquelle mit 98 – 100 dB mit der Distanz.

Die Abnahme des Geräuschpegels einer Schallquelle mit 98 – 100 dB (500 kW-Anlage auf einem 50 m Mast) kann mit folgender Formel grob berechnet werden:



$$L_w = 79 - 6.9 \cdot \ln x$$

wobei L_w: Geräuschpegel in dB x: Distanz von der Quelle [m]

Schallgutachten

Die Geräuschbelastungen sollten grundsätzlich als wichtiger Aspekt jeder Windenergieanlagenplanung betrachtet werden. Gemäss den Bestimmungen der eidg. Lärmschutzgesetzgebung unterliegt der durch eine Windenergieanlage verursachte Lärm den Vorschriften von Anhang 6 der Lärmschutzverordnung (LSV). Es gelten also die Ausführungen über Industrie- und Gewerbelärm.

Tab. 6: Richtwerte der Schalldruckpegel für verschiedene Zonen.

Empfindlichkeitsstufe (Gemäss Lärmschutzverordnung, Art. 43)	Tag [dB(A)]	Nacht [dB(A)]
I Zone mit einem erhöhten Lärmschutzbedürfnis, namentlich in Erholungszonen	50	40
II Zonen ohne störende Betriebe, namentlich Wohnzonen, sowie Zonen für öffentliche Bauten	55	45
III Zonen mit mässig störenden Betrieben, namentlich Wohn- und Gewerbebezonen sowie Landwirtschaftszonen	60	50
IV Zonen mit stark störenden Betrieben, namentlich Industriezonen	65	55

Die Frage nach den Schallimmissionen sollte, gerade bei Bauabständen von weniger als 200 m zu Wohnhäusern, im Eigeninteresse der Anlagenbetreiber und im Interesse der Nachbarn, schon in der frühesten Planungsphase beantwortet werden. Eine Berechnung der zu erwartenden Schalldruckpegel ist auch dann sinnvoll, wenn ein Lärmschutzgutachten von Baubehörden nicht verlangt wird. Daraus ergibt sich eine größere Planungs- und Betriebssicherheit.

Die zu erstellenden Schallvorprognosen für zu erwartende Schallimmissionen erfüllen den Zweck, Planern und Bauherren eine schnelle und kostengünstige Beurteilung der Schallsituation zu geben. Somit kann eine größere Planungssicherheit bei der Projektierung gewonnen, oder die positive Beantwortung von Bauvoranfragen beschleunigt werden.

Es kann nun davon ausgegangen werden, dass die Vorbelastung bzw. die heutige Belastung durch Industrie- und Gewerbelärm bei möglichen Standorten für Windenergieanlagen gleich Null ist. Demzufolge müssen die Windenergieanlagen insbesondere die Planungswerte nach Anhang 6 LSV an den entsprechenden Immissionsorten einhalten. Betroffen sind durchwegs Landwirtschaftsgebiete. Es kann also für lärmempfindliche Orte, d.h. die Wohnteile der Landwirtschaftsgebäude, überall von der Empfindlichkeitsstufe III ausgegangen werden. Die entsprechenden Planungswerte betragen 50 dB(A) nachts bzw. 60 dB(A) tags.

Falls in der Nähe der WEA Erholungszonen – allenfalls Ferienhäuser o.ä. – liegen, sind möglicherweise die Grenzwerte der Zone I 50/40 dB(A) anzuwenden.

Es ist empfehlenswert, mit den Direktbetroffenen anlässlich einer Besichtigung bestehender Anlagen die Probleme der Lärmimmissionen in der Anschauung zu diskutieren. Am auffälligsten ist der Lärm der Anlagen bei tiefen Windgeschwindigkeiten, bei denen die Anlage schon läuft, der Umgebungslärm (Rauschen von Bäumen etc.) aber noch sehr tief ist.

Die Kosten eines Schallgutachtens betragen zwischen Fr. 2000.-- und 5000.--.



3.8.2. Richtfunkstrecken / Mobilfunk-Antennen

Bei der Standortfrage wird häufig vergessen, da nicht erkennbar, mögliche Berührungspunkte mit Richtfunkstrecken zu hinterfragen. Hierbei ist auch zu beachten, daß nicht nur die Swisscom, sondern auch Dritte, wie z. B. die Armee, dauerhafte Richtfunkstrecken betreiben. Da um den Richtfunkstrahl in der Regel ein Sicherheitsabstand von mindestens 100 Meter in allen Richtungen eingehalten werden muß, kann das Vorhandensein einer Richtfunkstrecke ein geplantes Projekt zum Scheitern bringen. Eine Kontaktaufnahme mit den entsprechenden Stellen ist deshalb unbedingt erforderlich. Die hauptsächlichlichen Betreiber von Richtfunkstrecken sind die Telekommunikationsfirmen (primär SWISSCOM), aber auch Armee, und Polizei.

Im Rahmen der Liberalisierung des Telecom-Marktes sollen durch die verschiedenen Anbieter in den nächsten Jahren rund 3000 Mobilfunk-Antennen in der Schweiz gebaut werden²¹. Eine gewisse Konkurrenz in der Standortsuche für Funkantennen und Windenergieanlagen ist sicher gegeben. Durch die massive Zunahme an Richtfunkstrecken wird das Positionieren von Anlagen an windgünstigen, exponierten Standorten zwar zusätzlich erschwert. Wie Beispiele aus Deutschland zeigen, können Masten von Windenergieanlagen aber unter gewissen Voraussetzungen als "Antenne" eine zusätzliche einträgliche Nutzung erhalten. Zu berücksichtigen sind:

- Haftungsfragen
- Abschaltung der Antennen bei Montagearbeiten
- Stillstandzeiten durch Montagearbeiten am WEK

3.8.3. Netzverträglichkeit von Windenergieanlagen

Leistungsschwankungen

Bei Windenergieanlagen kann es, wenn sehr turbulente Windgeschwindigkeiten vorherrschen, zu beträchtlichen Leistungsschwankungen kommen. Es ist keine Seltenheit, daß sich die Windgeschwindigkeit innerhalb kürzester Zeit um bis zu 8 m/s verändert (in Ausnahmefällen sogar 20 m/s). Dadurch sind Wirkleistungsschwankungen um bis zur Hälfte der Nennleistung keine Ausnahme.

Die variable Netzbelastung durch Windkraftanlagen – verursacht durch die starke zeitliche Variation des Windangebots ist vielerorts und vorallem in Deutschland oft und öffentlich diskutiert worden. In der Schweiz ist dieser Aspekt nicht relevant, einerseits wegen der generell guten Kapazitäten des Netzes, andererseits weil (durch den hohen Anteil kurzzeitig reglierbarer Wasserkraftwerke im Schweizer Netz) kurzzeitige Schwankungen ausgezeichnet ausgeglichen werden können.

Flicker

Flicker ist ein wichtiges Kriterium der Netzverträglichkeit von Windenergieanlagen. Flicker entsteht durch die Böigkeit des Windes und den Turmstau- oder Turmsschatteneffekt und macht sich vor allem durch Helligkeitsschwankungen von Glühlampen und Leuchtstofflampen bemerkbar. Der Anlagenhersteller muss deshalb angeben, inwieweit seine Anlage niederfrequente Spannungsschwankungen hervorruft.

Oberschwingungen

Anlagen mit variabler Drehzahl, welche Strom mit unterschiedlicher Frequenz generieren, speisen Ihre Elektrizität über einen Umformer ins Netz ein. Diese Installationen können **Oberwellen** im Netz produzieren, welche sich störend auf die Rundsteuerung des Netzes, auf Computer und andere elektronische Geräte auswirken. Aufgrund der Spezifikationen dieser Umformer ist mit dem Elektrizitätswerk oder mit dem Starkstrominspektorat die Zulässigkeit der Netzkoppelung abzuklären.

²¹ Basler Zeitung vom 13.8.1998 "Natelboom verursacht "Nadelsalat" am Schweizer Himmel".



3.8.4. Schattenwurf und Reflexionen

Der drehende Rotor kann - beim entsprechenden Einstrahlwinkel der Sonne - sowohl Schattenwurf als auch flackernde Reflexionen auf die in der Nähe stehenden Häuser verursachen. In dicht besiedelten Ländern wie der Schweiz sind nahezu überall bewohnte Gebäude zu finden. Standorte, die für eine Nutzung der Windenergie in Frage kommen, liegen daher selten weit entfernt von den nächsten Anwohnern. In besonderen Fällen kann es zu Belästigungen der Anwohner durch den Schattenwurf von Windenergieanlagen kommen.

Daher ist es immer ratsam, bei umliegender Wohnbebauung den Standort auf Schattenwurfverträglichkeit prüfen zu lassen. Gegebenenfalls kann dann eine Änderung der Aufstellungsgeometrie erwogen werden, um Schattenwurfproblemen sicher vorzubeugen. Zur Analyse des Schattenwurfs von Windenergieanlagen existieren inzwischen einige Simulationsprogramme. Sie ermitteln zunächst anhand der geographischen Lage des Standortes die breitengradspezifische Sonnenbahn. Die geometrischen Angaben zur Größe der Windenergieanlagen (Nabenhöhe und Rotordurchmesser) und zur Aufstellungskonfiguration ermöglichen mittels einfacher Strahlungsgesetze die genaue Bestimmung des maximalen theoretischen Schattenwurfs.

Aufgrund von Wolken, der Drehung der Gondel, der Stillstandzeiten der Anlage und v.a. der wenigen Sonnenstunden im Winter ist der wahrscheinliche Schattenwurf jedoch wesentlich geringer.

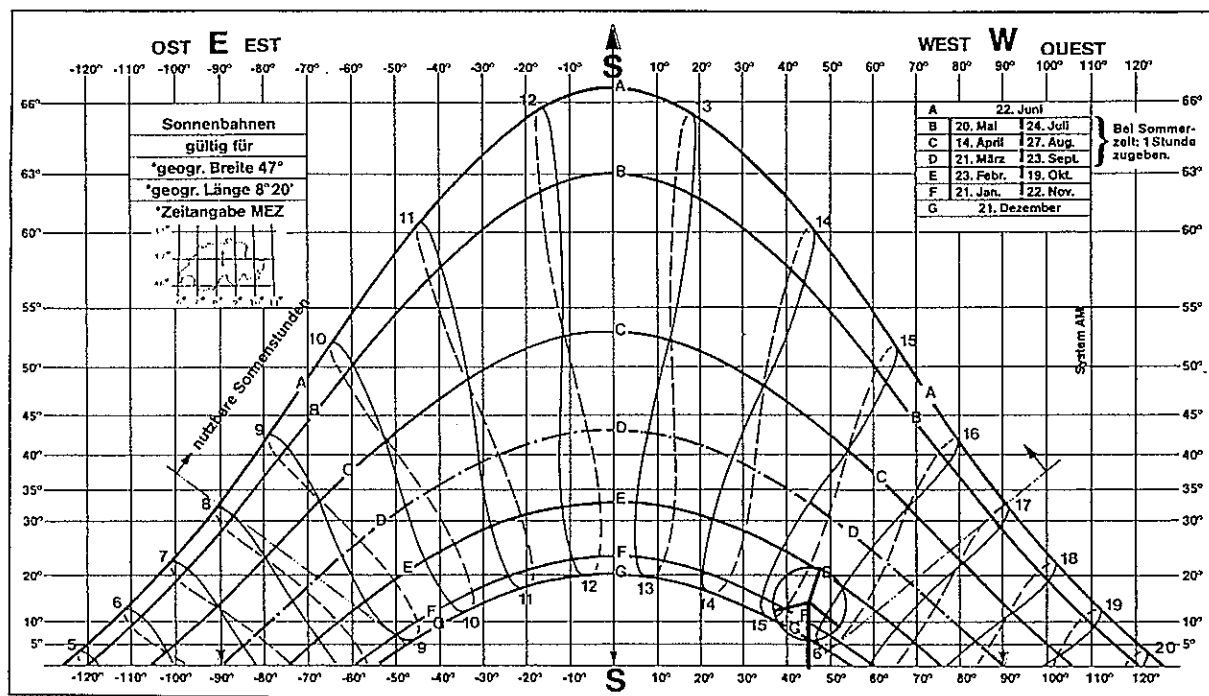


Abb. 11: Sonnenbahndiagramm (Heliochron²²). Eingezeichnet ist eine WEA in 200 m Entfernung in Richtung SW. Die Masthöhe beträgt 50 m und die Blattspitze erreicht 80 m (21 °). Der Neigungswinkel h , unter dem die Anlage gesehen wird berechnet sich aus Anlagehöhe und Distanz der Anlage vom kritischen Standort:

$$h [^\circ] = \text{Arc tg} (\text{Höhe/Distanz}) \quad \{\text{Arcustangens-Funktion}\}$$

²² Dr. A. MützenberG AG



Einfluß der Orographie

Der "klassische" Standort in Küstennähe ermöglicht durch seine flache Umgebung die direkte Berechnung des Schattenwurfs von Windenergieanlagen. Im Gegensatz dazu muß bei Standorten in orographisch bedeutsamem Gelände die Höhenstruktur mit berücksichtigt werden. Ansteigendes Gelände führt im Vergleich zum Flachland zu kürzeren Schattenwurfreichweiten aber längeren Schattenwurfdauer, während abfallendes Gelände größere Schattenwurfreichweiten aber kürzere Schattenwurfdauer bedingt. Wenn das Gelände einen größeren Neigungswinkel aufweist, als der Einstrahlung bzw. des Schattenwurfs, gibt es dort trotz Nähe zur Windenergieanlage keinen Einfluß durch Schattenwurf.

3.8.5. Weitere Abstandsfragen

Neben den notwendigen Abständen durch die Geräuschentwicklung und des Schattenwurfs sind durch behördliche Vorgaben auch Mindestabstände zu anderen baulichen Anlagen einzuhalten.

Hierzu gehören auch Mindestabstände zu

- Straßen in Abhängigkeit ihrer Wichtigkeit (Autobahn, Hauptstrasse, etc)
- Eisenbahnlinien
- Mittelspannungs-, Hochspannungsleitungen

Diese Abstände sind bei der Baubewilligungsbehörde in Erfahrung zu bringen.

Abstandregeln zu Flugverkehr

Die Auflagen werden durch die Flugsicherheitsbehörden, das Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL in Bern definiert:

- in unbebautem Gelände besteht eine Meldepflicht (bei Bund oder Kanton) bei Hindernishöhen ab 25 m.
- in der Nähe von Flugplätzen sind die Begrenzungskataster zu beachten.
- Problemstandorte: Tiefflugkorridore Armee, Helibetrieb, Rettungsdienste

In jedem Fall ist eine individuelle Abklärung nötig. In der Regel sind Massnahmen zur Sicherheit (Beleuchtung, Farbgebung etc.) ab 60 m.ü.G. Vorschrift.

3.9. Bisherige Nutzung²³

3.9.1. Forst- und Landwirtschaft

Windenergieanlagen-Standorte im Jura können in den typischen "pâturages boisés", den Waldweiden liegen. Gemäss Artikel 2 des "Bundesgesetzes über den Wald" (WAG) gelten Weidewälder und bestockte Weiden als Wald.

Die Beanspruchung von Waldgebiet für Projektvorhaben bedeutet eine dauernde oder vorübergehende Zweckentfremdung von Waldboden und gilt daher als Rodung (Art. 4 WAG). Gemäss Art. 5 WAG sind Rodungen verboten. Ausnahmebewilligungen dürfen erteilt werden, wenn der Gesuchsteller nachweist, dass für die Rodung wichtige, die Interessen der Walderhaltung überwiegende Gründe vorliegen und

²³ Auszüge aus "projet d'énergie éolienne canton de Berne", Emch und Berger Bern AG, 1995



dass die in Art. 5 WAG formulierten Voraussetzungen erfüllt sind. Die Ausnahmebewilligungen für Rodungen bis 5'000 m² erteilen die Kantone; über 5'000 m² ist der Bund zuständig (Art. 6 WAG). Für jede Rodung ist in derselben Gegend Realersatz (Art. 7 WAG) oder in Ausnahmefällen Ersatzabgaben (Art. 8 WAG) zu leisten. Die Rodungsbewilligung befreit nicht von der Einholung der im Raumplanungsgesetz vorgeschriebenen Baubewilligung (Art. 11 WAG).

Für Projektvorhaben in Waldesnähe ist Art. 17 WAG massgebend. Demnach sind Bauten und Anlagen in Waldesnähe nur zulässig, wenn sie die Erhaltung, Pflege und Nutzung des Waldes nicht beeinträchtigen. Der Mindestabstand der Bauten und Anlagen vom Waldrand wird von den Kantonen vorgeschrieben.

Es gilt somit die Waldgrenze rechtsgültig abzuklären resp. zu prüfen, ob eine Fläche überhaupt Wald im Rechtssinne darstellt. Dies geschieht mittels Waldfeststellungsverfahren gemäss Art. 10 WAG. Bei Nutzungsplanrevisionen ordnen die Kantone in jenen Bereichen Waldfeststellungen an, wo Bauzonen an Wald grenzen oder in Zukunft grenzen sollen. Damit werden die Waldgrenzen in den Bauzonen eingetragen.

Eine Windenergieanlage wird während der Bauphase für Baupisten, Installationsplätze, etc. vorübergehend Land beanspruchen. Die dauernde Flächenbeanspruchungen für bleibende Einrichtungen (u.a. Erschliessungswege, Mastfundamente) ist relativ gering.

Die Landwirtschaftsflächen können nur mit der Genehmigung des Landwirtes / Eigentümers beansprucht werden. Die Errichtung von Windenergieanlagen hat Auswirkungen auf die Parzellenform und die Bewirtschaftung. Arbeiterschwernisse sind deshalb nicht auszuschliessen. Die Entschädigungszahlungen an die betroffenen Landwirte sollten sich schweremässig nach dem Flächenverlust und einer möglichen Arbeiterschwernis richten.

Der Betrieb von Windenergieanlagen hat keinen negativen Einfluss auf das Weideverhalten von Nutztieren. Die Weiden können auch weiterhin bis in die unmittelbare Nähe der Masten bestossen werden. Abgespannte Meteomasten sind entsprechend zu schützen.

3.9.2. Tourismus und Erholung

Durch den geringen Flächenbedarf der Windenergieanlagen ist die touristische Nutzung der entsprechenden Gebiete – sofern die notwendigen Sicherheitsdistanzen bez. Eiswurf eingehalten sind - nicht eingeschränkt. Zum heutigen Zeitpunkt sind WEA für die breite Öffentlichkeit noch exotische Installationen. Die Erfahrungen mit dem 1,8 MW-Windpark der Juvent SA auf dem Mont Crosin zeigen, dass – mit ganz wenigen Ausnahmen – die Bevölkerung auf diese Installation sehr positiv reagiert hat.

Die Hügelzüge im Jura, auf welchen sich mögliche Standorte befinden, sind oft mit Wander- und Velowegen, mit Skiliften und Langlaufloipen ausgestattet. Dadurch eignen sich die Gebiete hervorragend für Erholungszwecke. Die attraktive, natürliche Landschaft, die wertvolle Flora und Fauna und die Weitsicht machen diese Regionen zu Gebieten mit hohem Erholungswert. Windenergieanlagen können im Sicht- und Hörbereich den Erholungswert für die ruheliebenden und naturverbundenen Erholungssuchenden mindern. Andererseits stossen die Anlagen auf grosses Interesse bei den Erlebnis- und Technologieliebhabern, wie das Beispiel Mt. Crosin zeigt (ca. 40'000 BesucherInnen im Jahre 1997)



Abb. 12: WEA Mt. Crosin (Photo A. Pfluger).

Aus Gründen des Landschaftsschutzes und der Erschliessung wird das Schwergewicht der Windenergienutzung im Alpenraum an Standorten mit bestehender Infrastruktur stattfinden (Wintertourismus, Kraftwerke, usw.) und somit nur beschränkt (Einsehbarkeit) zu einer Reduktion des Erholungswertes eines Gebietes führen.



4. Anlagen

Im Rahmen dieser Publikation wird auf die detaillierte Beschreibung des Funktionsprinzipes der Windenergienutzung verzichtet und auf die vielfältige Literatur in diesem Zusammenhang verwiesen (siehe Literaturliste im Anhang). Nachfolgend werden Themen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Windenergieanlagen behandelt, welche für den Planer und für die Bewilligungsbehörden wesentlich sind.²⁴

Die angegebenen Kosten sind Grössenordnungen und können je nach Projekt wesentlich variieren.

4.1. Anlagenwahl

Nachdem in der Pionierphase der modernen Windenergienutzung eine Vielzahl von technischen Konzepten entwickelt und eingesetzt wurden, hat sich heute - mindestens bei grösseren Anlagen - die Horizontalachs-Anlage mit luvseitig angeordnetem 2- oder 3-Blatt Rotor durchgesetzt.

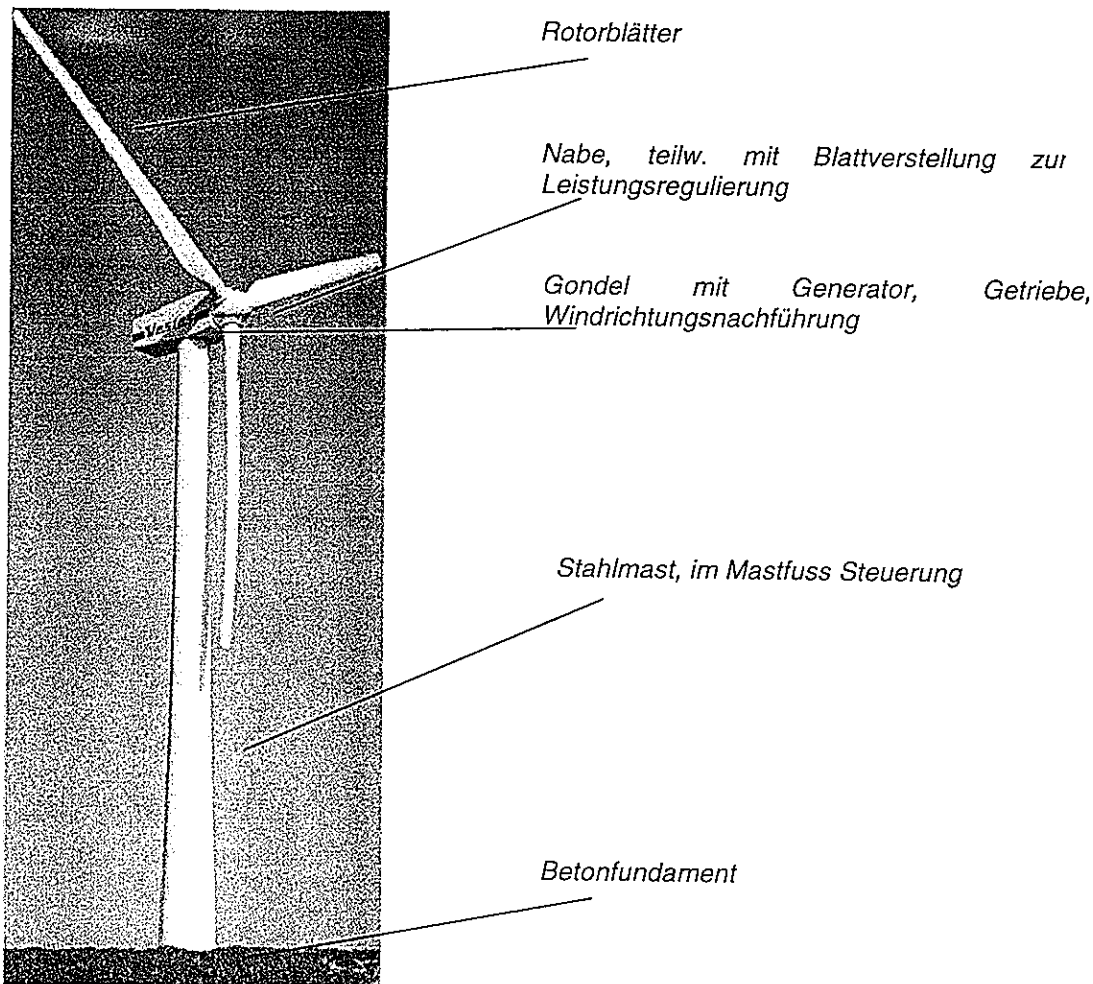


Abb. 13: Beispiel einer Windenergieanlage.

Meist werden mehrere Anlagen als Windpark oder Windfarm errichtet. Je grösser die Anlage und je mehr Anlagen am selben Standort, um so kostengünstiger ist die Elektrizitätsproduktion.

²⁴ Auszüge aus "Marktübersicht Windenergie 1998", Bundesverband WindEnergie e.V.

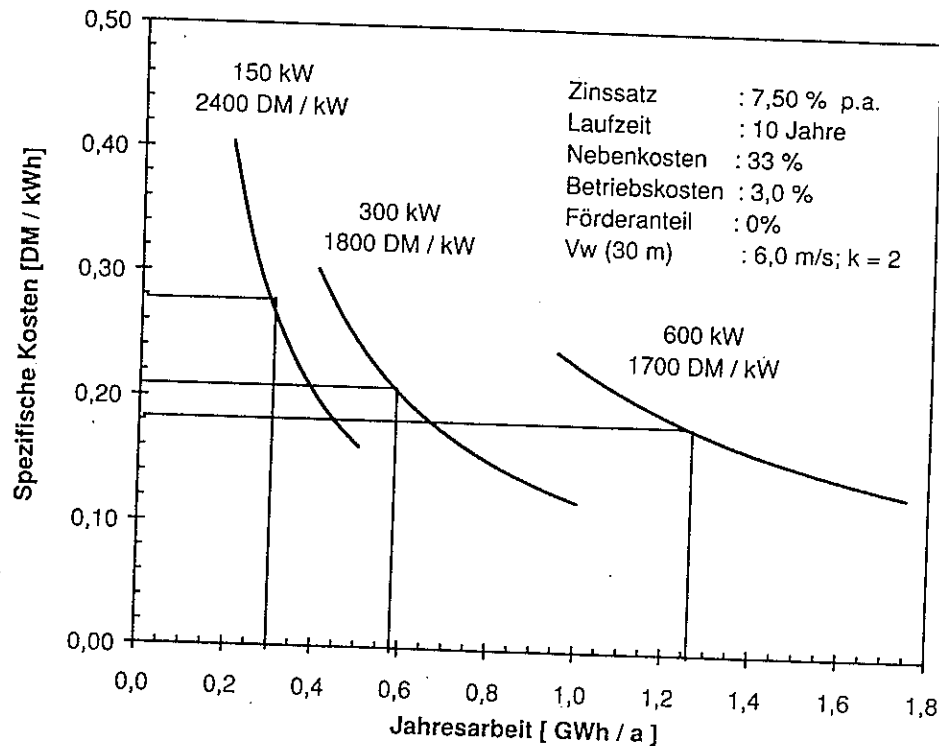


Abb. 14: Spezifische Kosten [DM/kWh, nur Anlage] in Abhängigkeit der Jahresarbeit. Die Grafik stammt aus einer deutschen Studie⁽²²⁾. Die Lesebeispiele (gerade Linien) beziehen sich auf einen Standort mit mittlerer Windgeschwindigkeit von ca. 6m/s Jahresmittel (d.h. ca. 2000 Vollaststunden).

Kleine Windparks, bestehend aus 600 kW-Anlagen, erzeugen an gut bewindeten Standorten Elektrizität zu unter 20 Rp./kWh²⁵.

4.1.1. Land- und Flächenbedarf²⁶

Der Landbedarf von WEA kann generell als sehr gering bezeichnet werden. Er setzt sich aus wenigen Quadratmetern Land für das Fundament und der Fläche der Erschliessungsstrassen zusammen.

Bei Windfarmen wird der Landverbrauch auf ca. 5% des Flächenbedarfs geschätzt, die restlichen 95% stehen z.B. für die landwirtschaftliche Nutzung weiterhin zur Verfügung.

Der Flächenbedarf für Windfarmen ergibt sich aus der Forderung (Faustregel!), dass der Mindestabstand zwischen WEA in der Hauptwindrichtung 10 Rotordurchmesser und seitlich 5 Rotordurchmesser betragen sollte.

²⁵ Aus "Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm (WMEP)," Jahresauswertung 1995, ISET

²⁶ Aus "Entscheidungsgrundlagen für die Windenergiebewirtschaftung in der Schweiz", M. Ros, A. Zürcher, Uni Zürich, 1994

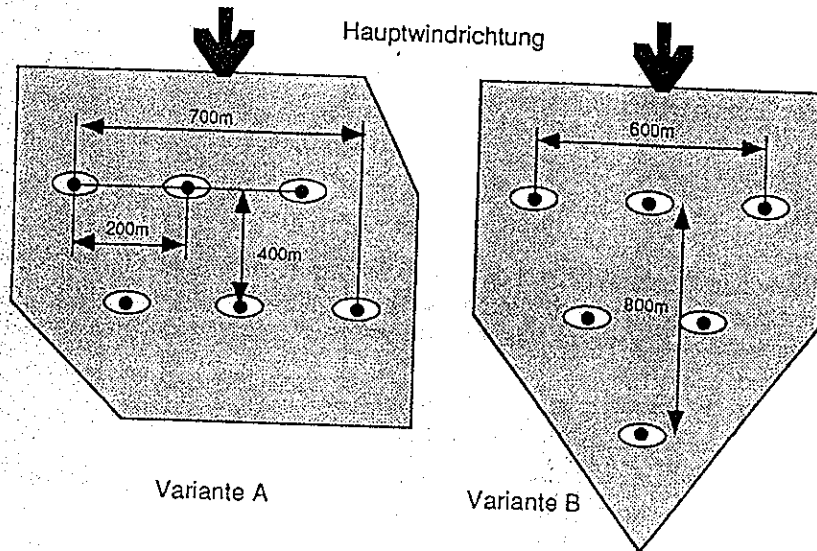


Abb. 15: Flächenbedarf einer 3 MW-Windfarm (6 x 500 kW WEA, Rotordurchmesser 40m)

Die Anzahl und die Wahl der richtigen Anlagen ist abhängig von

- Wind- und Klimaverhältnisse am Standort (Turbulenzen, Temperaturen, Eis, etc.)
- Beeinflussung der Landschaft (exponierte Krete oder Plateau)
- Situation am Standort (ausreichend Platz, Kraninstallationen)
- Zufahrtsmöglichkeiten (Strassenverhältnisse, Kurvenradien, etc.)
- elektrische Erschliessung (Leitungsdimension, Trafoauslegung, etc.)
- vorhandenes Budget

4.1.2. Anlagencharakteristik

Leistungskennlinie

Grundlage jeder Energieertragsrechnung ist die Anlagekennlinie, welche aussagt, bei welcher Windgeschwindigkeit (m/s) wieviel Leistung (kW) produziert wird. Abbildung 14 zeigt als Beispiel die gemessenen Kennlinien einer 600-kW-Anlage mit Blattwinkelregulierung.

Wie dieser Leitfaden zeigt, ist die Winddatenerfassung im komplexen Terrain mit gewissen Unsicherheiten verbunden und zudem beeinflussen auch Windturbulenzen die Leistungskennlinie eines WEK. Energieertragsberechnungen aufgrund der von den Herstellern angegebenen Leistungskennlinien müssen deshalb zurückhaltend beurteilt werden. Bei den heutigen Serienanlagen wird im allgemeinen bei einer Windgeschwindigkeit von 12 - 14 m/s auf Nabenhöhe die Nennleistung erreicht. Bei Anlagen, die über eine Blattverstellung (pitch) verfügen, bleibt die Leistungskurve bei Erreichen der Nennleistung relativ konstant bis zur Abschaltgeschwindigkeit von ca. 25 - 30 m/s. Bei sog. Stall-geregelten Anlagen (mit festem Blattanstellwinkel) fällt die Leistung aufgrund des aerodynamischen Verhaltens des Rotorblattes nach dem Erreichen der maximalen Leistung wieder ab.

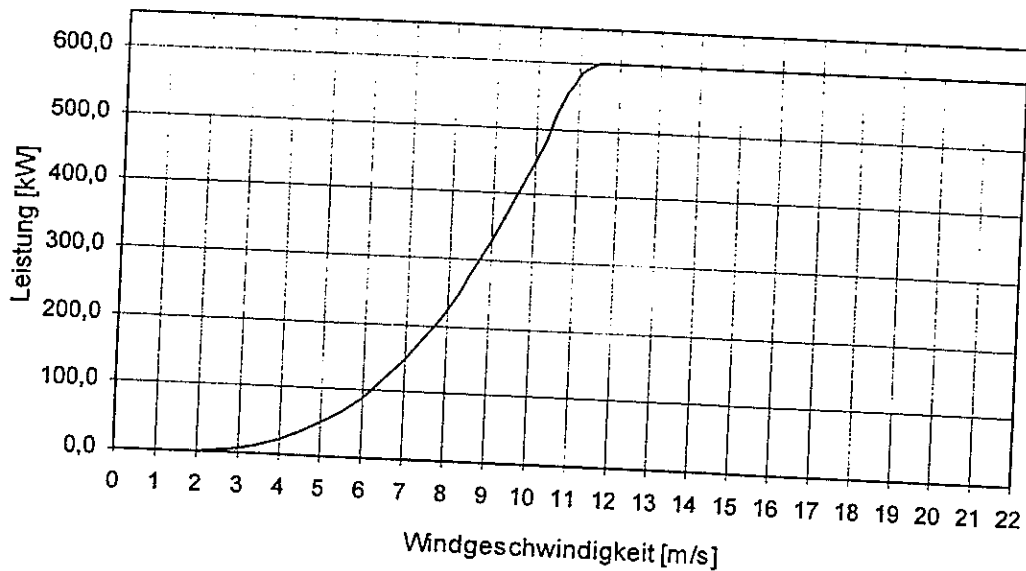


Abb. 16: Leistungskennlinie der Anlage „DeWind 46“ (600 kW).

Jahresenergieertrag

Die meisten WEK-Hersteller präsentieren in ihren Unterlagen zudem eine **Jahresenergieertragskurve**, welche zeigt, wieviel Energie bei einer entsprechenden durchschnittlichen Windgeschwindigkeit jährlich mit der Anlage produziert werden kann. Abbildung 15 zeigt, dass dieselbe Anlage auf dem Chasseral (v mittel 8 m/s) rund 4 mal mehr Elektrizität erzeugen würde als auf dem Grenchenberg (v mittel = 4.5 m/s).

Allerdings sinkt die Leistung der Anlage mit der Höhe über Meer, weil die Luft dünner wird (vgl. Anhang „Ermittlung des Windangebots“ / Kap. 2). Beträgt die Luftdichte auf Meereshöhe noch ca. 1.25kg/m^3 , so sinkt der Wert z.B. auf 1200 m.ü.M auf ca. 1.10kg/m^3 . Der Verlust im möglichen Energieertrag liegt also bei ca. 12%. Die Steuerung der Anlage ist auf diesen Aspekt hin zu überprüfen und allenfalls anzupassen.

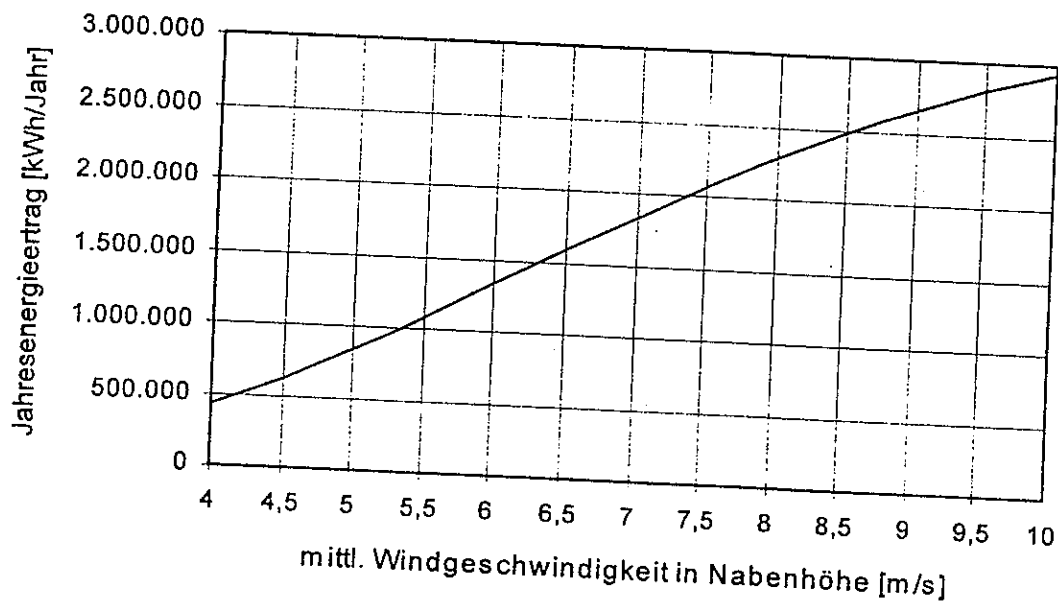


Abb. 17: Energieertragskurve der Anlage „DeWind 46“ (600 kW).



Leistungscharakteristik

Nennleistung

Als Nennleistung bezeichnet man die maximal abgebbare elektrische Dauerleistung.

Einschaltwindgeschwindigkeit

Moderne Windenergieanlagen sollten sich natürlich so früh wie möglich einschalten, doch ob die Anlage bei 2.5 m/s oder bei 4 m/s ans Netz geht, ist für den Jahresenergieertrag selbst in Schwachwindregionen eher unbedeutend. Wenn ein extrem frühes Anlaufen der Anlage mit grossem technischen Aufwand erkauf werden muss und deshalb den Preis der Anlage in die Höhe treibt, führt das eher dazu, die Anlage unwirtschaftlich zu machen.

Nennwindgeschwindigkeit

Bei der Nennwindgeschwindigkeit erreicht die Anlage ihre Nennleistung.

4.1.3. Anlagenkomponenten

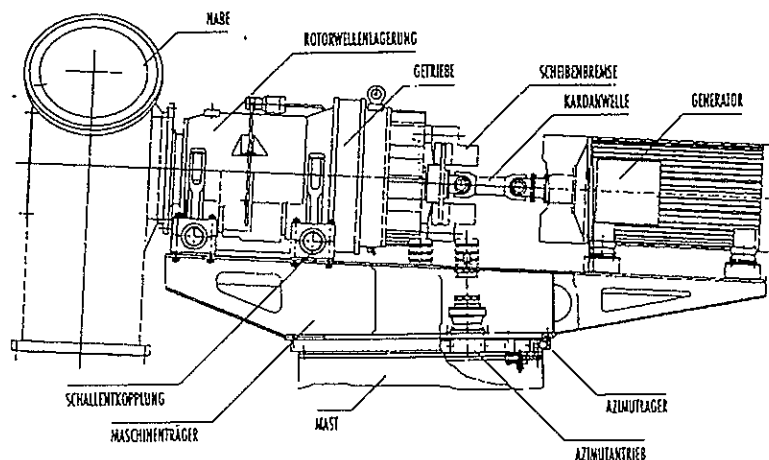


Abb. 18: Darstellung der einzelnen Komponente der Maschinengondel einer 450 kW-Anlage

Rotor

Durchmesser

Der Rotor ist der eigentliche Motor' der Windenergieanlage (WEA). Verdoppelt man den Rotordurchmesser, so steigt die Energieausbeute auf das Vierfache an.

Anordnung

Bei sogenannten Leeläufern befindet sich der Rotor an der windabgewandten Seite der Gondel, umgekehrt ist bei Luvläufern der Rotor an der windzugewandten Seite der Gondel angeordnet.

Blattzahl

Die Herstellkosten des Rotors werden primär von der Anzahl der Rotorblätter bestimmt. So spricht daher zunächst vieles dafür, einen Rotor mit geringer Blattzahl zu wählen. Insgesamt gilt, dass auf einen sich drehenden Rotor äussere Kräfte einwirken, die zu Schwingungen führen. Daher erfordert ein



unsymmetrischer Rotor zusätzliche Aufwendungen bei den übrigen Komponenten der Windenergieanlage, um den hohen dynamischen Belastungen gerecht zu werden.

Material

Unter den heutigen wirtschaftlichen Bedingungen konzentriert sich die Materialauswahl für Rotorblätter auf Glasfaserverbundmaterial. Dabei sprechen neben der Qualität nicht nur die Höhe der Materialkosten, sondern auch die Höhe der Fertigungskosten für diese Werkstoffwahl.

Generator

Bauart

Asynchrongeneratoren zeichnen sich aus durch Einfachheit und Kostengünstigkeit. Demgegenüber steht hauptsächlich der Nachteil des zu kompensierenden Blindstrombedarfs. Bei kleineren bis mittleren WEA beschränkt sich die Auswahl an Asynchrongeneratoren auf die relativ einfachen drehzahlfesten Systeme mit direkter Netzankopplung und die aufwendigeren drehzahlvariablen Systeme mit Frequenzumrichter. Durch Drehzahlsteuerung über mehrstufige, polumschaltbare Generatoren, wobei je nach Windgeschwindigkeit zwischen den Stufen umgeschaltet werden kann, wird eine Verbesserung des Wirkungsgrades erreicht.

Der Einsatz eines drehzahlvariablen Generators mit Frequenzumrichter bedeutet, dass innerhalb einer bestimmten Drehzahlspanne der Rotor mit variabler Drehzahl betrieben werden kann. Die Anlage kann dadurch bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten bei optimalen Wirkungsgrad betrieben werden.

Mast

Nabenhöhe

Aufgrund der in zunehmender Höhe steigenden Windgeschwindigkeiten verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der WEA mit zunehmender Naben- bzw. Turmhöhe, solange die höheren Kosten für den längeren Turm und den hieraus resultierenden höheren Kosten z.B. für den Transport und die Aufstellung geringer sind als der erzielte Ertragszuwachs.

Bauart

Neben der Höhe ist die Steifigkeit des Turmes das zweite wichtige Merkmal. Der Materialaufwand, die Fertigungskosten, Transportkosten, die Kosten für das erforderliche Fundament und auch der Flächenbedarf entscheiden über die Gesamtturmkosten. Die Unterscheidung nach Gittermast, Stahlrohrmast und Betonmast hat neben den technischen Gründen vor allem ästhetische Gründe.

Regel- und Sicherheitssysteme

Drehzahlregelung / Drehzahlbegrenzung

Der Betreiber einer Windenergieanlage hat u.a. die Wahl zwischen Anlagen mit einem variablen und einem festen Blatteinstellwinkel. Durch die mechanische Verstellung des Rotorblatteinstellwinkels (Pitch-Regulierung) wird nach Erreichen der Nennleistung die Leistungsaufnahme reduziert. Durch die kontinuierliche Blatteinstellwinkelregelung von der Nennwindgeschwindigkeit bis zur Abschaltwindgeschwindigkeit kann die elektrische Abgabeleistung auf einem konstanten Niveau gehalten werden.

Bei der Leistungsregelung ohne Änderungsmöglichkeit des Blatteinstellwinkels (Stall-Regelung) wird bei zunehmender Windgeschwindigkeit durch das Abreißen der Strömung an den Rotorblättern bei konstanter Rotordrehzahl die Leistungsaufnahme ohne Verstellen der starren Rotorblätter verhindert.



Bremssysteme

Als Bremssysteme fungieren die Scheiben- und/oder die sog. Tipbremse. Um die Windenergieanlage (ca. ab 25 m/s) vor Zerstörung zu bewahren, wird der Rotor bis zum völligen Stillstand mit Hilfe von Scheibenbremsen mechanisch abgebremst.

Sollte die Scheibenbremse versagen, tritt die Tipbremse (aerodynamische Bremsklappen an den Enden der Rotorblätter) in Aktion. Kommt es zu einem Netzausfall, so verhindern die Tipbremsen das Überdrehen der Rotoren.

4.1.4. Baukomponenten

Eine Typische Windenergieanlageninstallation besteht aus folgenden Komponenten:

- Windenergieanlage mit Fundamenteingussteil (ev. mit Mittelspannungstrafo)
- Betonfundament
- ev. Transformatorenhäuschen bei der Anlage(n)
- Kabelgraben bis zur Netzeinspeisestelle (im bestehenden Gebäude oder Trafostation)
- Trafostation für Mittelspannung
- Zuwegung

4.1.5. Dimensionen und Gewichte

30 kW-Anlage

<i>Rotordurchmesser</i>	<i>Masthöhe</i>	<i>Gewicht Rotor</i>	<i>Gewicht Gondel</i>	<i>Gewicht Mast</i>
12 – 13 m	18 - 22 m	450 - 500 kg	1 - 2.5 t	2.6 t (Gittermast) 7 - 9 t (Stahlmast)

250 kW-Anlage

<i>Rotordurchmesser</i>	<i>Masthöhe</i>	<i>Gewicht Rotor</i>	<i>Gewicht Gondel</i>	<i>Gewicht Mast</i>
30 m	36 - 50 m	4 - 6 t	6 - 12 t	17 t (Gittermast) 26-50 t (Stahlmast)

600 kW-Anlage

<i>Rotordurchmesser</i>	<i>Masthöhe</i>	<i>Gewicht Rotor</i>	<i>Gewicht Gondel</i>	<i>Gewicht Mast</i>
44 – 46 m	40 - 75 m	9 - 17 t	21 - 30 t	32 - 70 t (Stahlmast)

Die Masthöhen können je nach Standort gewählt werden. Einzelne Komponenten wie Rotoren, Maschinengondel und Masten können für den Transport - mit entsprechendem Aufwand - weiter zerlegt werden.

1.5 MW-Anlagen

Die neusten Entwicklungen gehen in Richtung noch grössere Anlagen, v.a. für den „Off-shore“ Einsatz werden heute WEA mit Leistungen von über 1.5 MW eingesetzt. Die Installation dieser Grossanlagen



an unseren, z.T. schwer zugänglichen Standorte, dürfte die Planer vor grosse Herausforderungen stellen:

<i>Rotordurchmesser</i>	<i>Masthöhe</i>	<i>Gewicht Rotor</i>	<i>Gewicht Gondel</i>	<i>Gewicht Mast</i>
60 – 66 m	67 - 90 m	23 - 40 t	55 - 75 t	80 - 141 t (Stahlmast)

4.1.6. Investitionskosten

Anlagenkosten

Eine Übersicht der Anlagekosten im Bezug zur Leistung macht deutlich, wie kostengünstiger grössere Anlagen sind.

<i>Anlagengrösse</i>	<i>Anlagenkosten in Fr.</i>	<i>Fr. / kW Leistung</i>	<i>Fr. /m2 Rotorfläche</i>
< 10 kW	9'000.- - 38'000.-	4'500.-	783.-
11 - 100 kW	62'000.- - 123'000.-	3'000.-	624.-
101 – 400 kW	170'000.- - 512'000.-	1'600.-	563.-
401 – 600 kW	600'000.- - 848'000.-	1'300.-	447.-
601 - 1'000 kW	800'000.- - 1'400'000.-	1250.-	430.-

Preise

Bei einem Vergleich der von den Herstellern angegebenen Preise ist folgendes zu beachten: Teilweise werden - besonders die grossen Anlagen - sowohl mit als auch ohne Trafo angeboten. Ausserdem sollten bereits beim Kauf der Anlage Posten wie Garantiezeit und Kosten für den Wartungsvertrag mitberücksichtigt werden. Und nicht zuletzt sind unterschiedliche Kosten für Anlieferung und Montage zu beachten. Letztendlich besteht bei den von den Herstellern offiziell angegebenen Preisen noch ein gewisser Spielraum. Dies kann sowohl den Gesamtpreis als auch Vereinbarungen und Zusagen der Hersteller bezüglich Anlieferung, Garantiezeit etc. betreffen.

4.2. Sicherheit

Aus Gründen der Sicherheit sollten WEK nicht direkt neben Strassen oder stark begangenen Wegen, sondern mit einem Abstand von mindestens zwei Rotordurchmesser errichtet werden. Die grösste Gefahr für Personen, welche sich in der Nähe eines in Betrieb stehenden WEK aufhalten, besteht darin, z.B. von einem abgebrochenen, wegfliegenden Rotorblatt getroffen zu werden. In Wahrscheinlichkeitsrechnungen wird davon ausgegangen, dass die Möglichkeit, durch ein solches Ereignis geschädigt zu werden, geringer ist, als vom Blitz erschlagen zu werden. Bis heute wurde noch kein Todesfall durch ein solches Ereignis registriert. Die meisten Eisstücke sind klein oder zerfallen beim Flug, grosse, gefährliche Stücke sind aber möglich.

4.2.1. Eiswurf

Im Rahmen einer umfassenden Untersuchung wurden bei Anlagenbetreiber die Gefährdung durch wegfliegendes Eis ermittelt. In einer Distanz von mehr als 100m wurden keine Eisstück gefunden.

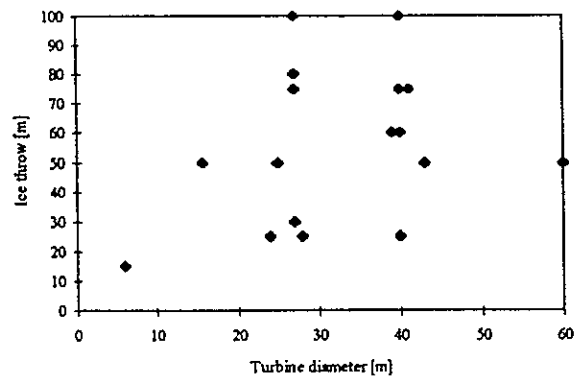


Abb. 19: Distanz von weggeflogenen Eisstücken in Abhängigkeit des Durchmessers der Turbine²⁷.

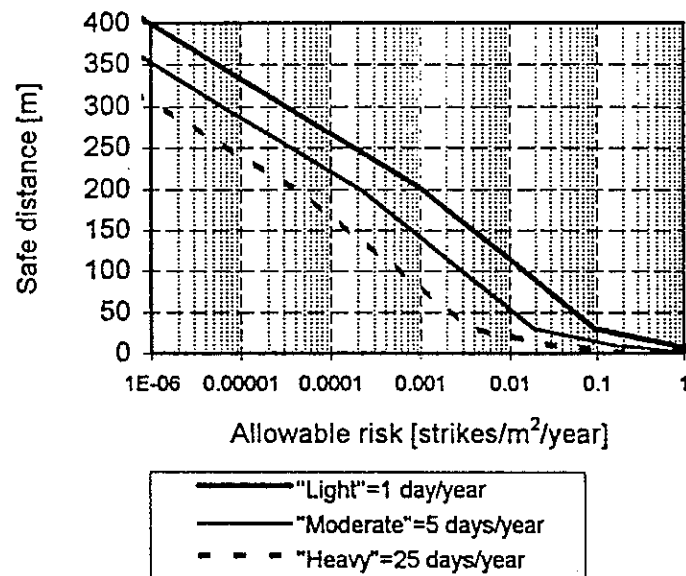


Abb. 20: Risiko des Eiswurfs in Funktion von Vereisungshäufigkeit und Distanz von der WEA²⁷. Für WEA-Standorte in der Schweiz ist die punktierte Linie zu verwenden. Auftreffen von Eisstücken von mehr als 1x alle 1000 Jahre (je m²) ist auf allen Flächen näher als 75 m von der Anlage zu erwarten.

Zur Verhinderung des Risikos, dass Passanten von Eisstücken getroffen werden, bieten sich folgende Massnahmen an:

- Warntafel und Warnsignal bei Eisansatz
- Abstellen während vereisender Perioden
- Anti- und Enteisungsoptionen an Windenergieanlagen
- Genügende Distanz zu stark begangenen Wegen (ca. 5 Rotordurchmesser)
- Instruktion des Wartungspersonal über die Vereisungsgefahren.

²⁷ „Assessment of Safety Risks arising from Wind Turbine Icing“, WECO-Project, Colin Morgan, Garran+Hassan Ltd., 1998



4.2.2. Versicherung

Dieser Bereich die gleiche Bedeutung wie z.B. die Finanzierung, wird hier das zur Durchführung der Investition notwendige Fremdkapital beschafft, so wird die Sachsubstanz in Ihrem Wert durch eine Versicherung, (und somit die Finanzierung) abgesichert. Welche Schäden sind nun abzusichern ?

Haftpflichtschaden

Die WEA schädigt Personen oder Sachen, welche nicht Eigentum des Betreibers sind.

Beispiel Flügelschaden:

Herumfliegende Teile eines Flügels verletzen Personen und beschädigen fremde Sachen. Diese Schäden werden über eine Betreiber-Haftpflichtversicherung abgesichert.

Sachschaden

Die WEA wird beschädigt oder zerstört.

Beispiel Blitzschaden:

Dieser zerstört einen Flügel und durch Überspannung die Steuerungsanlage. Die Maschinen- und Kas-koversicherung sichert diese Schäden ab, sie ersetzt alle Kosten, die notwendig sind, eine zerstörte oder beschädigte WEA wieder in den Zustand zu versetzen, indem sie vor dem Schadensereignis war.

Zu den Erstattungskosten gehören:

- Materialkosten der beschädigten Teile
- Lohnkosten für die Reparatur
- Transport- und Krankkosten
- Sonstige Kosten, wie Reisekosten

Äussere Schadensursachen:

- Brand, Blitzschlag und Explosion
- Eis und Frost
- Sturm, aussergewöhnliche Witterungseinflüsse
- Hochwasser und Überschwemmung
- Böswilligkeit, Sabotage, Vandalismus
- Bedienungsfehler, Fahrlässigkeit
- Kurzschluss, Überstrom, Überspannung

Innere Schadensursachen:

- Konstruktions- und Herstellungsfehler
- Materialfehler
- Versagen der Mess- und Regeltechnik



Ausfallschaden

Wenn eine Betriebsunterbrechungsversicherung besteht, so wird ein Ausfallschaden entschädigt, wenn als Folge eines Sachschaden ein Einnahmeverlust für nicht erzielte Einspeisevergütung entsteht.

4.3. Betrieb und Unterhalt

Aufwendungen für den **Betrieb** einer WEA sind:

- Wartung und Reparatur
- Miete oder Benutzungsgebühr des Standortes
- Pacht für Ausgleichs- und Ersatzflächen
- Prämien für Maschinenbruchversicherung
- Rückstellungen für Abriss und Wiederherstellungsmassnahmen
- Steuern
- Eigenverbrauch der WEA (Hydraulikversorgung, Steuerung, allfällige Heizung der Anlage etc.)
- Fernsteuerung mit Modern (Telefonrechnung).

4.3.1. Wartung / Unterhalt

Unterhaltskosten sind hauptsächlich Kosten für die mit Wartung, Reparatur und Unterhalt aufgewendete Arbeitszeit. Die Materialkosten für Öl, Fett, Farbe, Reinigungsmittel, elektrische Verschleissteile, ev. Lager etc. betragen nur einen Bruchteil der Lohnkosten für den Unterhalt.

Die meisten Hersteller bieten einen **Wartungsvertrag** an. Es ist offensichtlich, dass die Höhe der Unterhaltskosten ebenfalls stark standortabhängig und somit - ohne ausführliche Abklärungen relativ schwierig zu bestimmen sind:

- Starke Sonneneinstrahlung kann an Rotorblättern aus Kunststoff Schäden verursachen.
- Hohe Temperaturen können Steuerelemente beschädigen.
- Turbulente Winde haben zusätzliche Belastungen des Maschinenträgers und des Getriebes zur Folge.
- Der mit dem Wind verfrachtete Sand oder Staub kann Schutzanstriche "sandstrahlen" und gelangt zudem in empfindliche Maschinenteile wie Lager etc.
- Grosse Kälte bedeutet spezielle Schmiermittel und Hydrauliköle.

4.3.2. Jahreskosten

Betriebsabhängige Kosten

Aufwendungen für Betrieb und Unterhalt werden bei Windenergieanlagen in Prozent der Gesamtinvestitionen zwischen 3 % und 4 % angegeben. Die im Einzelfall entstehenden tatsächlichen Kosten hängen von der Gestaltung der Verträge ab, aber ganz besonders von der tatsächlichen Zuverlässigkeit der Anlage. Wegen der nicht ausreichenden Erfahrungswerte über die Zuverlässigkeit von Anlagen kann die Annahme eines Erfahrungswertes von 3,5 % der Gesamtinvestitionen für Kosten des laufenden Betriebes nur als Faustformel für eine überschlägige Schätzung angesehen werden. Weiterhin muss davon ausgegangen werden, dass der Reparaturaufwand im Laufe der Jahre ansteigt.



Kapitalkosten

Die jährlichen Kapitalkosten berechnen sich aus den Anlagekosten und der Annuität. Diese bezeichnet den Zusammenhang von Kapitalverzinsung und Abschreibungsdauer (Amortisation). Würde das in einer Anlage investierte Kapital auf der Bank belassen, könnte es, je nach Laufdauer, Zins- und Zinseszins erträge erbringen. Die Kapitalkosten müssen in Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen mitberücksichtigt werden.

WEA-Hersteller geben die Lebensdauer ihrer Anlagen meist mit 20 Jahren an - bis heute sind aber nur wenige so lange in Betrieb. Beim Ersatz eines WEK können jedoch Anlagenteile wie Fundament, Kabelgraben, ev. Mast und elektrische Netzeinbindung weiterhin verwendet werden, was eine totale Abschreibungsdauer von 15 Jahren sicher rechtfertigt.

4.4. Energieertrag

4.4.1. Verfügbarkeit

Ein wesentliches Qualitätszeichen für eine WEA ist die Verfügbarkeit. Sie sagt aus:

- wie häufig die Anlage wegen Pannen stillsteht.
- wie schnell das Servicepersonal auf dem Platz ist.

Sie sagt nicht aus, wieviel Energie produziert worden ist, sondern nur, wie oft die Anlage laufen könnte, wenn genügend Wind vorhanden wäre. Moderne Anlagen weisen eine technische Verfügbarkeit von über 98% auf.

4.4.2. Kapazitätsfaktor / Volllaststunden

Um den Standort eines WEK bezüglich des Energieertrages zu charakterisieren und mit anderen vergleichen zu können, wird der **Kapazitätsfaktor** oder **Vollastnutzungsgrad C** verwendet. Dieser Faktor C bezieht sowohl die Windverhältnisse am Standort als auch den Wirkungsgrad der eingesetzten WEA ein:

$$C = \frac{\text{Produktion}}{\text{Zeit} \cdot \text{Nennleistung}} \cdot 100 \quad (\%)$$

Die 3 Windenergieanlagen auf dem Mont Crosin, mit einer Gesamtleistung von 1.8 MW, erzeugten im Jahr 1997 1'800'000 kWh Elektrizität. Das C dieser Installation ist also 11.4 %. Optimale Küstenstandorte haben ein C von über 25 %.

Wird die Jahresarbeit auf die WEA-Nennleistung bezogen, so erhält man die Kenngrösse "**Volllaststunden**". Im oben berechneten Beispiel der drei 600 kW-Anlage resultiert eine jährliche Volllaststundenzahl von rund 1000 Stunden.

Eine Volllaststundenzahl von über 2000 Std. wird in der Regel nur von Anlagen erreicht, die an windstarken Standorten errichtet sind.



5. Raumplanung

5.1. Grundsätzliches zur Raumplanung

5.1.1. Allgemeines

Zu den Aufgaben der Raumplanung gehört es, im Rahmen der Abstimmung raumwirksamer Tätigkeiten den schonenden Umgang mit den natürlichen Lebensgrundlagen wie Boden, Luft, Wasser, Wald und Landschaft zu unterstützen. Mit den Instrumenten der Raumplanung sind unter anderem die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und räumliche Voraussetzungen für wohnliche Siedlungen und die Wirtschaft zu schaffen und zu erhalten. Daneben ist die Raumplanung eine gestaltende und lenkende Staatsaufgabe. Sie muss die verschiedenen, divergierenden Umweltschutz- und Umweltnutzungsinteressen (umweltbelastenden Aktivitäten der Bevölkerung und der Wirtschaft) gegeneinander abwägen, sie optimieren und verbindlich in Richt- und Nutzungsplan festhalten. Damit werden für Einzelinteressen klar begrenzte Handlungsspielräume gewährt.

Windparks können insbesondere den Naturhaushalt und das Landschaftsbild erheblich beeinflussen. Bei ihrer Beurteilung sind daher Vergleiche zu anderen Energiegewinnungsanlagen zu ziehen. Windenergieanlagen haben dort ihre Berechtigung, wo sie aus der Sicht einer nachhaltigen Entwicklung möglichst gut abschneiden, mindestens aber gleich gut wie andere mögliche Produktionsformen. Deshalb sollte versucht werden, mittels einer räumlichen Planung konfliktarme Standorte auszuweisen und die Konflikte durch Begrenzen der Anlagenzahl, Festlegung von Mindestabständen zwischen Windparks und anderen Nutzungen etc. möglichst gering zu halten. Darüber hinaus kann mit einer umfassenden Gebietsplanung im kantonalen Richtplan verhindert werden, dass nach und nach grosse Gebietsteile durch die unkoordinierte Errichtung von Windenergieanlagen beeinträchtigt werden.

Die Raumplanung vollzieht sich als Konkretisierungsprozess auf mehreren Ebenen, wobei jeder eine spezifische Funktion zugewiesen ist. So hat der Richtplan die angestrebte räumliche Ordnung vorzuzeichnen. Der Nutzungsplan präzisiert sie und setzt sie für jedermann verbindlich fest. Das Baubewilligungsverfahren dient demgegenüber der Abklärung, ob Bauten und Anlagen der im Plan vorgesehenen Nutzung entsprechen.²⁸

Voraussetzung für die Erteilung einer Baubewilligung ist, dass die Bauten und Anlagen dem Zweck der Nutzungszone entsprechen. Ausserhalb der Bauzonen können Ausnahmen dann bewilligt werden, wenn der Zweck der Bauten und Anlagen einen Standort ausserhalb der Bauzonen erfordert und keine überwiegenden Interessen entgegenstehen. Wenn sich ein nicht zonenkonformes Vorhaben hinsichtlich seines Ausmasses und seiner Auswirkungen erheblich auf die Nutzungsordnung auswirkt, darf es gemäss Art. 2 des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG) vom 22. Juni 1979 jedoch erst nach einer Änderung oder Schaffung eines Nutzungsplans bewilligt werden.

5.1.2. Kantonaler Richtplan

Der kantonale Richtplan nach Art. 8 RPG dient der Sicherstellung der kantonalen und regionalen Abstimmung. Entsprechend seiner Rolle als raumordnungspolitisches Führungsinstrument hält der Richtplan die Ergebnisse der bisherigen Richtplanung fest und bestimmt die Richtung der weiteren Planung und Zusammenarbeit, insbesondere mit Vorgaben für die Zuweisung der Bodennutzungen und für die Koordination der einzelnen Sachbereiche. Er bezeichnet die dafür notwendigen Schritte (Art. 5 Abs. 1 RPV).

²⁸ Karlen, Peter, 1994: Planungspflicht und Grenzen der Planung, in ZBJV 1994, S. 119 f.



Es ist anzustreben, die Windenergie als Teil des Sachbereichs Energie frühzeitig, im Rahmen der kantonalen Richtplanung, zu behandeln. Dadurch könnte die Umsetzung allfälliger Förderprogramme für die Windenergie zeitgerecht abgewickelt werden. Zudem wird mit einer vorausschauenden Gebietsplanung eine erhöhte Projektierungs- und Investitionssicherheit für zukünftige WEA-Investoren geschaffen.

5.1.3. Nutzungsplanung

Kantone und Gemeinden sind verpflichtet, in ihren Nutzungsplänen Ort, Zweck und Mass der zugelassenen Nutzung allgemein verbindlich festzulegen.

Bei der Ausscheidung von Zonen für Windenergieanlagen müssen die sich stellenden Fragen aus umfassender Sicht, im Lichte der anzustrebenden räumlichen Entwicklung der Gemeinde und der Region geprüft und gewürdigt werden. Das Gemeinwesen legt im Einvernehmen mit den weiteren betroffenen Behörden präzise fest, wo solche Anlagen realisiert werden können, welche Bauvorschriften dabei einzuhalten sind und wie die Erschliessung geregelt wird. Es berücksichtigt die Anliegen der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft, des Natur- und Heimatschutzes, des Umweltschutzes, des Schutzes gegen Naturgefahren, der Besiedlung, des Verkehrs sowie der Versorgung. Aufgrund der in diesem Planungsprozess stattfindenden Interessenabwägung wird die Zulässigkeit der als zonenkonform bezeichneten Nutzung im Baubewilligungsverfahren grundsätzlich nicht mehr überprüft.

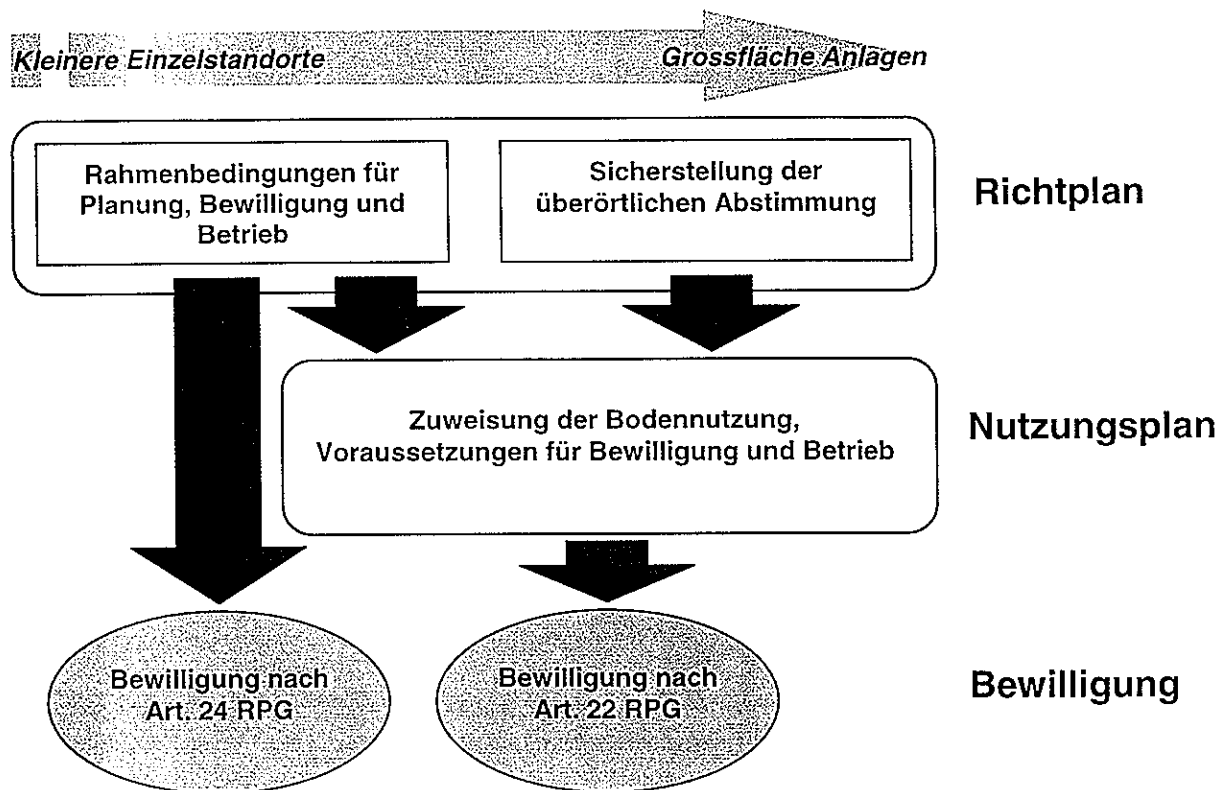
5.1.4. Ausnahmewilligung

Das Verfahren der Nutzungsplanung ist für alle Bauten und Anlagen, die sich erheblich auf die Nutzungsordnung auswirken, unumgänglich. Wo genau die Grenze dieser Planungspflicht verläuft, wird sich erst aufgrund der Gerichtspraxis weisen. Es wird daher empfohlen, im Zweifel den Weg der Nutzungsplanung zu beschreiten. Auf dem Weg der Ausnahmewilligung nach Art. 24 RPG dürften nur kleine bis mittlere Einzel- und Pilotanlagen bewilligt werden können.

Ausnahmewilligungen nach Art. 24 RPG werden durch eine kantonale Behörde – oder mit deren Zustimmung – erteilt. Sie können mit Verwaltungsgerichtsbeschwerde bis ans Bundesgericht gezogen werden. Neben den betroffenen Grundeigentümern und allfälligen Nachbarn sind auch Kantone und Gemeinden, das Bundesamt für Raumplanung sowie gesamtschweizerische Natur- und Heimatschutzvereinigungen beschwerdeberechtigt.



Abbildung 1: Die Windenergie im Kontext von Richt- und Nutzungsplan



5.2. Die kantonalen Verfahren im Überblick

Aufgrund der Windpotentialstudie (Buser, Kunz, Horbaty 1996) stehen primär 14 Kantone im Vordergrund, die für die Windenergienutzung in Frage kommen.

Tab. 7: Windpotentiale in den Kantonen

Kt	Stufe 1		Summiert		Total GWh
	Anzahl	GWh	Anzahl	GWh	
BE	66.5	39.2	493.5	261.6	300.8
FR	7.0	4.1	59.5	31.5	35.7
GL	9.1	5.4	28.0	14.8	20.2
GR	43.4	25.6	226.1	119.8	145.4
JU	0.0	0.0	169.4	89.8	89.8
NE	66.5	39.2	231.0	122.4	161.7
NW	0.0	0.0	54.6	28.9	28.9
OW	8.4	5.0	37.1	19.7	24.6
SG	0.7	0.4	100.1	53.1	53.5
SO	9.8	5.8	59.5	31.5	37.3
SZ	0.0	0.0	71.4	37.8	37.8
UR	13.3	7.8	126.0	66.8	74.6
VD	60.2	35.5	374.5	198.5	234.0
VS	172.2	101.6	504.7	267.5	369.1

Legende:

Stufe 1
Sehr gute (>5.5 m/s) bis gute (4.5-5.5 m/s) Windverhältnisse und Standort ausserhalb von Schutzzonen mit bestehender optischer Belastung.

Stufe 2

- Mässige Windverhältnisse (3.5-4.5 m/s) und Standort ausserhalb von Schutzzonen mit bestehender optischer Belastung oder
- Sehr gute (>5.5 m/s) bis gute (4.5-5.5 m/s) Windverhältnisse und Standort innerhalb von Schutzzonen mit bestehender optischer Belastung oder ausserhalb von Schutzgebieten und ohne bestehende optische Belastungen.



Der Kanton Neuenburg hat die Ergebnisse der Studie als Grundlage für eine Positivplanung weiterverwendet. Die besonders geeigneten Windstandorte sollen im kantonalen Richtplan ausgeschieden werden. Zu diesem Zweck hat der Kanton in einer ersten Grobevaluation 20 Standorte bezeichnet, die aufgrund der Potentialkarte und aufgrund der Kenntnisse der lokalen, geografischen Gegebenheiten besonders geeignet erscheinen. Diese Standorte wurden dann mit Hilfe eines Kriterienkataloges vor Ort grob aufgenommen und bewertet.

Die acht besten Standorte wurden anschliessend einer detaillierteren Evaluation unterzogen. Bei jeder der acht Standorte fand eine Feldbegehung mit den kantonalen Vertretern der Raumplanung, der Energie und des Natur- und Landschaftsschutzes statt. Weiter wurden die Standorte bei den Umweltorganisationen vorgestellt, vernehmlasset und gemeinsam die vier besten und geeignetsten Standorte ausgewählt.

Für diese vier Standorte wurde dann der Kontakt mit der Standortgemeinde und dem Grundeigentümer aufgenommen. Der Kanton Neuenburg verfügt nun über vier Dossiers von möglichen Windstandorten, die aufgrund der Haltung der Standortgemeinde, der Grundeigentümer sowie der Naturschutz- und Umweltorganisationen für die Windenergienutzung besonders geeignet erscheinen. Diese vier Standorte sollen nun in den kantonalen Richtplan aufgenommen werden.

In den übrigen, für die Windenergie interessanten Gebiete wurden ähnliche Anstrengungen bisher nicht unternommen. Daher wurden die kantonsspezifischen Ergebnisse der Windpotentialkarte im Verlaufe des Sommers 1998 in den restlichen 13 Kantonen einzeln vorgestellt. Gleichzeitig mit dieser Information über das Windpotential wurde ein Treffen mit den Kantonsvertretern (Energie, Raumplanung, Natur- und Landschaftsschutz) die ausgewiesenen Standorte, das weitere Vorgehen und das zur Anwendung kommende Bewilligungsverfahren diskutiert, sowie versucht, die allgemeine Haltung des Kantons zur Windenergie zu umschreiben.

In den Gesprächen zeigte sich, dass die Kantonsvertreter kurz- bis mittelfristig nur mit einer sehr geringen Anzahl von Windenergieprojekten rechnen und damit keinen eigentlichen Handlungsbedarf sehen. Da zur Zeit in vielen Kantonen eine Richtplanrevision erfolgt, wird zumindest geprüft, ob überhaupt und wie das Thema Windenergienutzung in die Richtplanung eingebaut werden soll.

Die Kantone Uri und Nidwalden setzen für eine Bewilligung voraus, dass im Richtplan die entsprechenden Gebiete ausgeschieden werden. Falls ein entsprechendes Richtplanverfahren nicht vorgezogen wird, d.h. auch ohne konkret vorliegendes Windenergieprojekt eingeleitet wird, ist zumindest in diesen beiden Kantonen bis zum Vorliegen einer Baubewilligung mit einem mehrjährigen Verfahren zu rechnen.



Tab. 8: Die Windenergie aus Sicht der Kantone (Befragung 1998)

Kt.	Bisherige Erfahrungen mit WEA vorhanden	Haltung gegenüber Windenergie	Finanzielle Förderung	Vorbehalte zu den ausgewiesenen Potentialgebieten	Ausnahmewilligung Art. 24 RPG	Erstkontakt			Allgemeine Beurteilung des Kantons aus Sicht der Windenergie	Besonderheiten
						Raumplanung	Energie	Standortgemeinde		
BE	ja	sehr positiv	ja	keine	< 3 WEA	x	x	x	sehr geeignet	
GL	nein	neutral / negativ	möglich	gross	offen	x			ungeeignet	
GR	ja	neutral / negativ	nein	keine	1 WEA, klein	x	x	x	bedingt geeignet	Bisherige Verfahrenspraxis sehr restriktiv
NW	nein	neutral	ja	gross	ja	x			ungeeignet	Richtplanverfahren notwendig
OW	nein	positiv	nein	gering	< 3 WEA		x		bedingt geeignet	
SZ	nein	positiv	nein	vorhanden	< 3 WEA	x	x	x	geeignet	
SO	ja	sehr positiv	ja	gering	< 3 WEA		x	x	sehr geeignet	
SG	ja	sehr positiv	ja	vorhanden	< 3-5 WEA	x	x	x	sehr geeignet	
UR	nein	neutral	möglich	keine	ja		x	x	bedingt geeignet	Richtplanverfahren notwendig
FR	nein	sehr positiv	k.A.	vorhanden	1 WEA	x			sehr geeignet	Ordentliches Planungsverfahren für grössere Anlagen.
VD	ja	sehr positiv	möglich	keine	nein		x		sehr geeignet	Verfahren nach Art. 24 RPG für Projekt Ste. Croix. Für künftige Projekte Richtplanverfahren.
VS	ja	neutral	k.A.	gross	nein	x		x	ungeeignet	Verfahren sehr restriktiv. Für einzelne Gebiete (Martigny) Haltung positiv; für touristisch genutzte Gebiete negativ.
JU										
NE	ja	sehr positiv	ja	--	--		x		sehr geeignet	Vorevaluation von vier für die Windenergienutzung sehr geeignete Standorte; Ausscheidung im Richtplan.

Vor allem die Deutschschweizer Kantone wollten sich – begründet durch den nicht gegebenen Handlungsbedarf – bei den Verfahrensfragen letztlich nicht festlegen. Damit sind nur sehr allgemeine Ausführungen zum Baubewilligungsverfahren möglich. Um so wichtiger ist damit auch, dass bereits in einer frühen Projektierungsphase der Kanton einbezogen und eine Vorabklärung bei der Gemeinde und dem Kanton initiiert wird.

Die wesentlichen Folgerungen zu den Planungsverfahren in den Kantonen sind:

- Das Wissen über die Windenergienutzung ist in den meisten Kantonen relativ gering. Hier eröffnet sich den Windenergiepromotoren noch ein breites Handlungsfeld. Die Präsentation der Windpotentialkarte war ein erster wichtiger Schritt, um die relevanten Amtsstellen auf die Thematik aufmerksam zu machen.
- Kurz- bis mittelfristig gehen die Kantone nicht davon aus, dass viele WEA-Projektgesuche an sie herangetragen werden. Die Chancen der Windenergie werden eher gering beurteilt.
- In den Kantonen herrscht die Meinung vor, dass die Windenergie wenn möglich konzentriert an wenigen Standorten genutzt werden soll. Eine substantielle Ausnutzung des Windenergiepotentials dürfte also unter den heutigen Rahmenbedingungen eher unwahrscheinlich sein. Implizit ist bei den Gesprächen immer wieder durchgedrungen, dass für Einzelanlagen oder einzelne kleine Windparks Sympathien vorhanden sind, dass grössere Parks mit 10 oder 20 Konvertern aber auf grosse Skepsis stossen und ein negatives Image haben.



- Ein Grossteil der Kantone sieht keinen Handlungsbedarf für eine Anpassung des Richtplanes. Für die Forderung nach einer geordneten, konzentrierten Entwicklung der Windenergie in einzelnen Regionen oder Gebieten wäre aber gerade dies wünschbar und notwendig. Die Kantone sind daher gefordert, das Thema Windenergie in ihrer Richtplanung zu behandeln, sich grundsätzlich für oder gegen die Windenergie auszusprechen und sich über den Umfang und die möglichen Standorte in ihrem Kanton Überlegungen zu machen. Nur dadurch kann eine gewisse Klarheit und Transparenz hergestellt werden.
- Die Kantone NW, SZ, SG, FR und VD beabsichtigen allerdings dieser Forderung zu entsprechen und wollen prüfen, in welcher Form die Ergebnisse der Windpotentialstudie in die Richtplanung integrieren werden soll. Die beiden Westschweizer Kantone wollen dabei einen ähnlichen Weg bestreiten, wie der Kanton NE.
- In den Kantonen mit einer ausgebauten Wasserkraftnutzung hat häufig zugleich auch die Wald- und Holzwirtschaft eine gewisse wirtschaftliche Bedeutung. Dort liegen die Prioritäten bei der Wasserkraft und der Energiegewinnung aus Holz; die Windenergie wird dabei nur als eine weitere erneuerbare Energie angesehen und nicht speziell priorisiert.
- Die Windpotentialgebiete wurden durch die Kantonsvertreter einer ersten Grobevaluation unterzogen. Damit liegen Aussagen vor, welche Potentialgebiete aus Sicht der Kantonsvertreter über gewisse Realisierungschancen verfügen und welche Gebiete für die Windenergienutzung sicher nicht in Frage kommen können (Ausschlussgebiete).
- Generell wird der Einsehbarkeit des Standortes grosse Bedeutung beigemessen. Die vor allem in den (Vor-)Alpen verbreiteten Kretenlagen stossen eher auf Ablehnung, da WEA an diesen Standorten in einem grossen Umkreis sichtbar wären.
- Überall wird auf die Wichtigkeit einer seriösen und vollständigen Vorabklärung hingewiesen. Dabei kann in Zusammenarbeit mit den kantonalen Behörden und der Gemeinde bestimmt werden, welche Fragen beim konkreten WEA-Projekt von Bedeutung sind und damit welche Unterlagen in welchem Detaillierungsgrad dem Baugesuch beigelegt werden müssen. Werden diese Vorabklärungen parallel zu den Windmessungen durchgeführt, kann die Zeitdauer zwischen Aufnahme der Windmessungen und Erteilung der Baubewilligung wesentlich verkürzt werden.

Tab. 9: Bevorzugte Standorte und Ausschlussgebiete (Befragung 1998)

Kanton	Beurteilung der Potentialstandorte aus Sicht des Kantons
Bern	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mont Crosin und Umgebung • Konkret: Gemeinden mit teilweise vorhandenen Vorleistungen: St-Imier, Villeret, Cormoret und Courtelary <p>Grundsätzlich hinterfragt und beurteilt der Kanton einen WKA-Standort erst bei Vorliegen eines konkreten Projektes. Für vorgängige Abklärungen sieht der Kanton keinen Handlungsbedarf</p>
Glarus	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Braunwald Skigebiet • Netstal Fronalp • Elm Skigebiet • Mollis Gebiet Nüen. Als kommunales Landschaftsschutzgebiet aus- geschieden. Realisierungschancen gering.
Graubünden	Grundsätzlich werden vegetationsarme, gebirgige und rauhe Standorte bevorzugt.
Nidwalden	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klewen Alp Touristisch stark belastet; gut erschlossen, lediglich Pflanzen- schutzgebiet (problemlos).



Kanton	Beurteilung der Potentialstandorte aus Sicht des Kantons
	<ul style="list-style-type: none"> • Bannalp Ziemlich gut erschlossen, Kunstbauten (See); ökologisch bereits belastet durch ziemlich intensive Alpwirtschaft • Jochpass <p>Ausschlussgebiete</p> <p>Alle übrigen Gebiete werden als für die Windenergie ungeeignet beurteilt (Landschaftsschutz)</p>
Obwalden	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Titlis Bereits durch Infrastrukturanlagen und den Tourismus rel. stark belastet. Auf kant. und kommunaler Ebene sind gewisse Schutzbestrebungen in Diskussion. Einwände aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes sind nicht ganz auszuschliessen. • Bonistock • Pilatus Aus Sicht des Kantons denkbar. BLN-Gebiet. Trotz bestehenden Beeinträchtigungen dürfte der BLN-Schutz eine WEA-Realisierung erschweren. • Frutt Abgeschlossen und wenig einsehbar. Durch touristische Infrastruktur bereits belastet. Aus naturschützerischer Sicht ist das Gebiet ein Beispiel für das Nebeneinander von Trockenstandorten und Flachmooren. An den Rändern der Frutt aufgestellte WEA sollten aber möglich sein. • Mörlialp
Schwyz	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoch-Ybrig Bestehende Beeinträchtigungen durch touristische Infrastruktur. Erschliessung vorhanden. Aus natur- und landschaftsschützerischer Sicht eher unbedenklich (einzig kant. Pflanzenschutzgebiet ausgeschieden). Interessenkonstellation günstig; Im Gebiet Hoch-Ybrig/Illegau kann die Elektrizitätsversorgungssicherheit verbessert werden. • Sattel Gut erschlossen und zugänglich. Geeignet. • Sattellegg Gut erschlossen und zugänglich. Geeignet. • Pfifegg Gut erschlossen und zugänglich. Geeignet. Z.T. enge Kurven. • Fronalpstock Chlingenstock/Fronalpstock grundsätzlich geeignet. Die Nähe zum BLN-Gebiet „Vierwaldstättersee“ könnte aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes als problematisch erachtet werden. • Rigi Aufgrund des Natur- und Landschaftsschutzes ist mit erheblichen Schwierigkeiten zu rechnen. <p>Ausschlussgebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rothenthurm Aufgrund der Moorlandschaft „Rothenthurm“ von nat. Bedeutung und dem gleichnamigen kant. Naturschutzgebiet nicht geeignet. • Euthal Euthal/Stockrain aufgrund der Moorlandschaft „Breitried/Unterberg“ und des kant. Naturschutzgebietes „Breitried/Schütenried“ nicht geeignet. • Rotmattwald Erschliessung ungenügend/fraglich. (Rotmattwald/Näppenalp) • Wasserberg Erschliessung ungenügend/fraglich. (Wasserberg/Hürital) • Galtenäbnet Erschliessung ungenügend/fraglich. (Galtenäbnet/Bisistal)
Solothurn	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • -



Kanton	Beurteilung der Potentialstandorte aus Sicht des Kantons
	<p>Ausschlussgebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Passwang • evtl. weitere
St. Gallen	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flumserberg Bereits durch Infrastrukturanlagen und den Tourismus relativ stark belastet. Einwände aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes sind nicht zu erwarten. • Churfürsten 1 Projekte in unmittelbarer Nähe zu den Bergbahnen (Unterwasser/Voralp) sind denkbar. Zu beachten gilt, dass seit 1997 die Churfürsten als BLN-Gebiet ausgeschieden sind. • Wangs Projekt in der Nähe der Bergbahnen im Gebiet Wangs/Bad Ragaz. • Besonderes Projekte in Kombination mit bestehenden Speicherkraftwerken oder Solaranlagen (Nutzung bestehender Infrastruktur). <p>Ausschlussgebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Churfürsten 2 Aufgrund des Natur- und Landschaftsschutzes ungeeignet. • Säntis Aufgrund des Natur- und Landschaftsschutzes ungeeignet. • Speer Aufgrund des Natur- und Landschaftsschutzes ungeeignet. • Gulmen Aufgrund des Natur- und Landschaftsschutzes ungeeignet.
Uri	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bänzberg Wird als ähnlich ideal bezeichnet wie der Standort Gütsch. Aufgrund der militärischen Nutzung ist eine gute Infrastruktur vorhanden. • Realp/Furka Gute, mögliche Standorte. Aus Sicht des N+L und aufgrund der Bezeichnung im Richtplan sehr geeignet. Besondere Beachtung sind den Stromleitungskapazitäten zu schenken. • Übrige Grundsätzlich sind für den Kanton die Potentialgebiete gleichwertig. <p>Ausschlussgebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gütsch Wird als ähnlich ideal bezeichnet wie der Standort Gütsch. Aufgrund der militärischen Nutzung ist eine gute Infrastruktur vorhanden.
Freiburg	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le Moléson • Charmey • Schnyberg • Les Pacots Genauere Abklärungen notwendig. <p>Ausschlussgebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Berraz (Jaun)
Jura	<i>In Bearbeitung</i>
Waadt	<p>Bevorzugte Standorte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plateau de Bullet Sehr sichtbar aber gut möglich (à priori possible) • Vallon de Vaulion Gut möglich (à priori possible) • Les Avants Wenig einsehbar. Gut möglich (à priori possible). Allenfalls Vogelproblematik. • Le Chamossaire Gebiet bereits stark belastet. Gut möglich (à priori possible) • Sur le Grain Moor von lokaler Bedeutung westlich des Standortes.



Kanton	Beurteilung der Potentialstandorte aus Sicht des Kantons
	<p>Landschaftsschützerisch sollten keine Probleme zu erwarten sein. Gut möglich (à priori possible)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les Mosses Bergbahn de Chaussy (Les Mosses) ist seit längerem ausser Betrieb und müsste demontiert werden. Lawinengebiet. Zugang und Anschluss von Diablerets her ist zu prüfen. • La Videmanette Teilweise BLN-Gebiet. Gebirgskämme in Richtung der Kantonsgrenze könnten besser genutzt werden. • Diablerets Problematisch. BLN-Gebiet. Die Erstellung der Bergbahnen verursachte Probleme. • Leysin / Tour d'Aï Problematisch. Ein Bahnprojekt und verschiedene andere Projekte wurden verworfen. BLN-nahes Gebiet. • Mollendruz Gebiet unterhalb Mollendruz müsste genauer definiert werden. <p>Ausschlussgebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dent de Vaulion BLN-Gebiet und Symbol des Vallée de Joux.
Wallis	<p>Z.Z. sind keine Aussagen über die ausgewiesenen Potentialgebiete möglich. Einzelne Potentialgebieten dürften nur schwer zugänglich sein. Die Region Martigny, z.B. bei einem Verkehrsknotenpunkt, ist in Betracht zu ziehen.</p> <p>Ausschlussgebiete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vallon de Réchy • Glacier d'Aletsch • Glacier du Rhône • Tsanfleuron • Emosson

5.3. Baubewilligungsverfahren

Ein Kernprinzip des föderalistischen Systems der Schweiz ist die Gemeindeautonomie. Für den Grossteil der lokalen Aufgaben sind die Gemeinden verantwortlich und können autonom entscheiden. Die übergeordneten kantonalen und eidgenössischen Einheiten sind subsidiär nur für diejenigen Bereiche zuständig, die die Gemeinden mit ihren begrenzten Ressourcen und Mitteln nicht alleine bewältigen können.

Ein typischer kommunaler Politikbereich ist das Bauwesen. Zonen- und Nutzungspläne wie auch die materiell zugehörigen Baureglemente und -gesetze fallen in den Verantwortungsbereich der Gemeinden. Entsprechend kennt das Bundesrecht kaum Vorschriften zum Baubewilligungsverfahren. Die Aufgabenteilung zwischen Bund, Kantonen und Kommunen sieht vor, dass auf kantonaler Ebene die Richtlinien über die kommunale Raum- und Bauplanung erlassen werden, die Konkretisierung dann weitgehend im Kompetenzbereich der Gemeinde liegt. Folglich unterscheiden sich die gewählten Lösungen zwischen den Kantonen einerseits und den Gemeinden andererseits teilweise erheblich.

Das Instrument der Richtplanung koordiniert zwischen den verschiedenen kommunalen Zonen- und Nutzungsplänen. Kommunale Zonen- und Nutzungspläne sowie deren Änderungen müssen immer durch die kantonalen Behörden genehmigt werden. Damit wird sichergestellt, dass die raumplanerischen Vorgaben des Kantons gewahrt bleiben. Entsprechend benötigen die kantonalen Richtpläne die Bewilligung durch den Bundesrat.

Die im Raumplanungsgesetz (RPG) vorgesehene Möglichkeit von Ausnahmbewilligungen für nicht zonenkonforme Bauten ausserhalb der Bauzone benötigt ebenfalls die Zustimmung der kantonalen Behörden (Art. 24 RPG).



Im Bereich des Baubewilligungsverfahrens sind die Anforderungen an die Baubehörden in den letzten Jahren stark gestiegen. Mit der wachsenden Sensibilisierung für Umweltanliegen und der erodierenden Behördengläubigkeit hat das Baubewilligungsverfahren in der Öffentlichkeit allgemein an Aktualität gewonnen und ist zu einem Brennpunkt der kommunalen Politik und der politischen Auseinandersetzung geworden. Die Umweltschutzkreise haben das Bewilligungsverfahren als Instrument zum Schutz und zur Bewahrung des öffentlichen Raumes entdeckt; die Interessenvertreter aus Wirtschaft und Gewerbe sehen darin vor allem ein Verhinderungsmittel für eine prosperierende Wirtschaft.

Die Baubewilligungsbehörde ist also grundsätzlich die Gemeinde. Da die potentiellen WEA-Standorte aber ausserhalb der Bauzone liegen, ist ein entsprechendes Projekt, entweder über die Erteilung der Ausnahmegenehmigung nach Art. 24 RPB oder über die Genehmigung einer entsprechenden Zonen- und Nutzungsplananpassung, letztlich immer von der kantonalen Zustimmung abhängig.

In der Regel wird ein Baugesuch in der Gemeinde formal auf Vollständigkeit hin überprüft (Vorentscheid, Vorprüfung) und dann an die kantonalen Amtsstellen zur Weiterbearbeitung und zu weiteren Abklärungen weitergeleitet. Die meisten Kantone bestimmen eine für das Verfahren verantwortliche Leitbehörde, für WEA-Projekte in der Regel das Raumplanungsamt, die als Ansprechstelle für die Gemeinde und den Gesuchsteller gilt und die verwaltungsintern das Verfahren koordiniert, die interne Vernehmlassung organisiert und für die Beschaffung aller notwendigen Bewilligungen besorgt ist.

Grundsätzlich ist es sinnvoll, die Verfahrensfragen im Rahmen einer Vorabklärung bei der Standortgemeinde resp. bei den kantonalen Amtsstellen abzuklären. Welches Verfahren bei einem konkreten Projekt zur Anwendung kommt und welche einzelnen Verfahrensschritte notwendig sind, kann nicht abschliessend beantwortet werden. Ein eigentlicher Windenergie-Boom wird, zumindest in der Deutschschweiz, von den kantonalen Behörden nicht erwartet. Entsprechend wird kein oder nur ein geringer Handlungsbedarf gesehen. Allgemein stellen sich die Kantone auf den Standpunkt, dass bei den wenigen zu erwartenden Windenergieprojekten das Vorhaben fallweise beurteilt werden kann und sich eine Standardisierung des Verfahrens nicht aufdrängt.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die heutigen WEA-Betreiber das Bewilligungsverfahren im Nachhinein als sehr positiv und speditiv beurteilen. Einzig die Erfahrungen der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) sind negativ, die auf das Projekt auf dem Fläscherberg letztlich aufgrund immer neuer Auflagen und Hürden verzichtet haben.

Der alles entscheidende Faktor für die Dauer des Baubewilligungsverfahrens sind die Einsprachen. Wird gegen ein Vorhaben keine Einsprache eingereicht, liegt eine Baubewilligung, auch bei einem ordentlichen Planungsverfahren innerhalb von 6-12 Monaten vor. Bewilligungen nach Art. 24 RPG benötigen allgemein 3-6 Monate weniger, als ein ordentliches Planungsverfahren mit Anpassung des Zonenplanes.

Die dem Baugesuch beizulegende Dokumentation muss über alle wesentlichen Fragen des Windenergieprojektes Auskunft geben. Im Grundsatz gilt, dass ein Baugesuch soweit vollständig sein muss, dass sich die Bewilligungsbehörden ein realistisches Bild vom Bauvorhaben machen können.

Neben den Standardunterlagen, wie Situationsplan (inkl. Zu- und Wegfahren) und Plan der Anlage (inkl. Grundrisse) sind also einerseits auf alle relevanten Auswirkungen der WEA einzugehen, andererseits sind Informationen zu möglichst allen begründeten oder unbegründeten Fragen und Bedenken mitzuliefern:

- Projektbeschreibung: Sinn und Zweck der Anlage, Trägerschaft, technischer Beschrieb, getroffene Stromeinspeiseregulierung, Finanzierungskonzept, Ausführungen zur Windenergienutzung
- Unterlagen zur Raumwirkung der WEA, insbesondere Fotomontage oder Computersimulationen und Informationen zur Einsehbarkeit
- Informationen zum Vogelzug
- Informationen zum Lärm
- Informationen zum Schattenwurf



5.4. Empfehlungen

5.4.1. Planer und Investoren

- Obwohl die Windenergie erneuerbare Ressourcen nutzt, gehen von ihr unbestreitbar Umweltwirkungen aus. Die Planer und Investoren müssen diese Umweltwirkungen von WEA ernst nehmen. Einerseits sollte früh und breit über ein geplantes Projekt informiert werden. Wichtig dabei ist, dass bereits in diesem frühen Zeitpunkt mit Visualisierungen die Befürchtungen gegen die optische Beeinträchtigungen der Landschaft abgebaut werden können.
- Sowohl die Fallbeispiele wie auch die ausländischen Erfahrungen zeigen, dass sich eine lokale Verankerung des Projektes sehr positiv auf den Fortgang des Projektes auswirken kann. So ist es u. E. empfehlenswert, die Standortgemeinde, ein lokales EW oder das lokale und regionale Gewerbe wenn immer möglich in das Projekt miteinzubeziehen. Mit einer starken lokalen Abstützung kann das Genehmigungsverfahren wesentlich beschleunigt werden.
- Wichtige Informationen und Hinweise sind bei den kantonalen Behörden zu erhalten. Aus diesem Grund ist es wichtig, diese früh zu kontaktieren. Insbesondere die Vertreter der Raumplanung und des Natur- und Landschaftsschutzes kennen häufig „ihren“ Kanton ausserordentlich gut und sind mit lokalen Besonderheiten vertraut.
- Bei den Kantonsvertretern ist im Rahmen einer Vorabklärung auch abzuklären, welche Unterlagen einem Baugesuch beigelegt werden müssen und welche Bewilligungen notwendig sind.
- Im Gegensatz zu Küstenlagen ist es in der Schweiz in aller Regel unumgänglich, während mind. 12 Monaten Windmessungen durchzuführen. Hinsichtlich des Bewilligungsverfahrens ist dies aber durchaus hilfreich. Einerseits wird die Bevölkerung auf das geplante Projekt aufmerksam gemacht und es bieten sich günstige Ansatzpunkte für Aufklärungs- und Informationskampagnen (z.B. Informationstafeln bei den Windmessmasten). Andererseits kann die Messdauer genutzt werden, um Vorabklärungen durchzuführen und so weit als möglich die Baugesuchseinreichung vorzubereiten.
- Eine wichtige Voraussetzung für die Erteilung der Baubewilligung sind auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen des Gesuchstellers. Neben einem Bedarfsnachweis und den Projektzielen muss dargestellt werden, wie das Projekt finanziert werden soll. Eine vertrauensvolle Trägerschaft mit einer gesicherten Finanzierung kann sich nur positiv auf das Bewilligungsverfahren auswirken.

5.4.2. Behörden

Der Grossteil der Kantone sieht aufgrund der erwarteten kurz- und mittelfristigen Entwicklung der Windenergie keinen Handlungsbedarf, raumplanerische Massnahmen zu ergreifen. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen und den herrschenden Rahmenbedingungen ist diese Einschätzung verständlich.

Die Windenergienutzung der Schweiz steckt noch in einer ausgesprochenen Pionierphase. Die realisierten oder anstehenden Projekte haben weitgehend Pilot- und Demonstrationscharakter und ihre Verbreitung ist marginal. Zudem herrschen auf dem europäischen Strommarkt massive Überkapazitäten mit entsprechend tiefen Strompreisen.

Verschiedene, sich abzeichnende Entwicklungen und Sachverhalte lassen aber den Schluss zu, dass die Windenergie sich in der Schweiz in den nächsten Jahren beschleunigt verbreitet.

- Mit den aktuellen energiepolitischen Weichenstellungen (Energieabgabe, ökologische Steuerreform, schrittweiser Ausstieg aus der bestehenden Kernenergieproduktion) werden zusätzliche Mittel für die Förderung erneuerbarer Energien frei, resp. dürften sich die Marktbedingungen zugunsten der erneuerbaren Energien verbessern. So wird bei der in den eidgenössischen Räten diskutierten Energieabgabe mit einem Finanzvolumen von 300 Mio. (Ständerat) bis 1 Mrd. Franken (Nationalrat) gerechnet. Durch die relativ zu den anderen erneuerbaren Energien tiefen Stromgestehungskosten der Windenergie ist diese besonders lukrativ. An besonders windstarken Standorten dürfte mit entsprechenden Förderungsmitteln auch ohne Green-Pricing die Gewinnschwelle in Griffweite rücken.
- Das neue Energiegesetz übernimmt bezüglich der Abnahmepreise die Regelung des Energienutzungsbeschlusses. Die Vergütung soll sich nach den Kosten für die Beschaffung gleichwertiger



Energie aus neuen inländischen Kraftwerken richten. Die ursprünglich vorgesehene Geltungslimite von 1 MW Leistung wurde fallen gelassen, während sie für Wasserkraftwerke gilt (Art. 7 Abs. 4 Energiegesetz). Damit können auch grössere Anlagen ihren Strom zu z.Z. rund 16 Rp./kWh an die EWs abliefern.

- Mit der Marktöffnung ist damit zu rechnen, dass sich ein Marktsegment für Ökostrom bilden wird. In Deutschland werden z.Z. Vertriebsorganisationen gegründet, die ausschliesslich Strom aus erneuerbaren Energien anbieten wollen. Ähnliche Bestrebungen existieren auch in der Schweiz. Die Trägerschaft garantiert dabei ihren Mitgliedern, dass ausschliesslich „sauberer“ Strom abgegeben wird. Allgemein wird einem Ökostrom-Marktsegment gute Chancen eingeräumt.
- Das Programm „Windenergie“ des Bundesamtes für Energie verzeichnet in jüngster Zeit ein stark gestiegenes Interesse an Windenergieprojekten. Zunehmend treten auch ausländische Investoren auf dem Schweizer Markt mit Projektideen auf. So hat das Programm „Windenergie“ bereits heute Kenntnis von neuen Projekten im Umfang von 40 bis 50 MW Leistung. Die Programmverantwortlichen rechnen damit, dass mittelfristig in den nächsten Jahren dieses Volumen auch tatsächlich realisiert werden wird.
- Bei der Windenergienutzung wird allgemein die Konfliktlinie zum Natur- und Landschaftsschutz als am wesentlichsten betrachtet. Gerade aber die Umwelt, Natur- und Landschaftsschutzorganisationen signalisieren ihre Bereitschaft, die Windenergie als erneuerbare, CO₂-neutrale Energie zu unterstützen. Bereits heute werben Umweltorganisationen, wie z.B. WWF Schweiz mit der Windenergie. Eine nachhaltige, umweltschonende Energiepolitik²⁹ wird auch unter der Annahme eines beschleunigten technologischen Fortschrittes und der damit verbundenen massiven Effizienzsteigerung bei der Energieverwendung nicht darum herumkommen, bisherige, traditionelle Produktionskapazitäten (Kernkraftwerke, Fossile Kraftwerke) durch neue zu ersetzen. Die Windenergie ist eine davon.

U. E. ist es daher wünschbar, sinnvoll und notwendig, in jenen Kantonen mit einem wesentlichen Windenergiepotential bereits frühzeitig entsprechende raumplanerische Massnahmen zu ergreifen. In der bereits weit fortgeschrittenen Diskussion über die Energieabgabe haben sich die eidgenössischen Räte explizit für die Förderung der Windenergie ausgesprochen. Damit sind die nächsten Schritte u. E. vorgezeichnet. Das Thema Windenergie muss in der Raumplanung aufgegriffen und behandelt werden. Die Kantonsregierungen und ihre Verwaltung sind gefordert, die Windenergie als Teil des Sachbereiches Energie in ihren kantonalen Richtplanungen zu behandeln und entsprechende, für die Windenergienutzung geeignete Zonen auszuscheiden.

Eine frühzeitige Regelung des Themas Windenergie erlaubt es den kantonalen Behörden, zu agieren statt zu reagieren. Einerseits können bereits frühzeitig die Weichen für die gewünschte Entwicklung im Kanton gestellt werden. Mit der Bezeichnung von Ausschlussgebieten und möglichen Windstandorten steuert der Kanton gezielt die Windenergieentwicklung in seinem Kanton. Zudem garantiert das entsprechende Richtplanverfahren die demokratische Mitwirkung.

Letztlich wird mit den entsprechenden raumplanerischen Vorentscheiden die Transparenz des Verfahrens und die Planungssicherheit für potentielle Investoren erhöht.

Es ist daher besonders wichtig, die mit den Kantonsgesprächen eingeleiteten Kontakte zwischen der Windenergie und den kantonalen Energie-, Raumplanungs- und Natur- und Landschaftsschutzämtern aufrechtzuerhalten und weiterzuführen. Neben der fortlaufenden Information der kantonalen Stellen von Raumplanung, Natur- und Landschaftsschutz sowie Energie seitens der Windenergie (Bundesamt für Energie, Programm Wind; Suisse Eole) bieten vor allem die interkantonalen Fachtagungen die Möglichkeit, das Thema Windenergie weiter zu diskutieren und die aufgenommenen Kontakte weiter zu vertiefen.

²⁹ Vgl. hierzu z.B. Bundesamt für Energiewirtschaft, 1997: Energieperspektiven des Szenario IV. 1990–2030, ausgearb. Durch Prognos AG, Basel, Bern: EDMZ.



6. Wirtschaftlichkeit

Als Grundlage für den Investitionsentscheid muss eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt werden. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen – Angebotsüberhang auf den Strommärkten, tiefe Spotmarktpreise von 2–6 Rp./kWh und durchschnittliche Strompreise für den Endverbraucher von 17 Rp./kWh – interessiert dabei vor allem die Kostenseite. Auf der Einnahmenseite muss mit den Abnahmepreisen und entsprechenden Vermarktungskonzepten ein Preis realisiert werden, der die Anlage innerhalb der vorgesehenen Nutzungsdauer amortisiert.

Die Investitionskosten setzen sich am Beispiel eines Klein-Windparks mit drei 600 kW-WEA wie folgt zusammen: (Grobschätzungen)³⁰

Kostenarten	Fr.
Planung und Projektierung <ul style="list-style-type: none"> • Windgutachten: Modellabschätzungen ohne Windmessungen kosten zwischen Fr. 2'000 und 5'000; Windmessungen pro Messstandort während 12 Monaten belaufen sich auf 25'000 (30 m.ü.G.) • Bodengutachten: Fr. 3'000 bis 5'000 • Schallgutachten: Fr. 2'000 bis 3'000 • Schattenwurfverträglichkeit: Fr. 2'000 bis 3'000 • Natur- und Landschaftsschutzgutachten (inkl. Visualisierung etc.): Fr. 10'000–15'000 • Abklärungen Erschliessung und Zuwegung • Projektierung • Vorbereitung Baugesuch: Vorabklärung, Information der Behörden und interessierter Kreise • Baugenehmigungsverfahren 	400'000
Anlagekosten (WEA)	2'700'000
Baukosten <ul style="list-style-type: none"> • Fundament(e) • Zuwegung: Die Kosten sind stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Auf jeden Fall ist die Zuwegung genau auf notwendige Massnahmen hin zu überprüfen. • Netzanschluss (Leitung) • Trafo/Übergabestation • Sonstige Elektroarbeiten • Telephonanschluss (Leitung) • Ausgleichsmassnahmen 	700'000
Total Investitionskosten	3'800'000
Betriebskosten <ul style="list-style-type: none"> • Unterhalt, Wartung • Versicherungen • Pacht / Entschädigung Grundeigentümer • Rückstellungen für Anlageabbau 	130'000
Total Betriebskosten	130'000

Für die Berechnung der Stromgestehungskosten sind die Nutzungsdauer und der Realzinssatz die entscheidenden Grössen. Elektrische Produktionsanlagen haben in der Regel eine sehr lange Lebens-

30 Die Schätzungen basieren auf Kostenangaben des Deutschen Windenergie Institut DEWI und den Anlagen in der Schweiz. Diese Informationen waren auch Grundlage bei der Studie Winkraft und Landschaftsschutz (Buser, Kunz, Horbaty: 1996).



dauer. Für Windenergieanlagen kann mit einer Lebensdauer von 20 Jahren gerechnet werden. Zum Vergleich: Der VSE geht bei der Berechnung der kalkulatorischen Abschreibung für die Ermittlung der Selbstkosten von 25–30 Jahren für Gaskombi- und Gasturbinenkraftwerken, für Kernkraftwerke von 40 Jahren und für Wasserkraftwerke von durchschnittlich 40 Jahren aus:

In der traditionellen Stromwirtschaft war es bisher üblich, mit sehr tiefen Realzinsen zu rechnen. In einer Studie des Bundesamtes für Energie zur Abschätzung der sogenannten nichtamortisierbaren Investitionen (NAI) im Energiebereich (Econcept 1997, 11) wird für die Szenarioberechnungen ein Realzins von 4 % p.a. angenommen (2–2,5 % für risikofreie Anlagen und Risikoprämie von 1,5–2 %).

Im Bereich der Windenergie dagegen wird eher konservativ mit einer Annuität von 10 Prozent gerechnet. Bei einer Nutzungsdauer von 15 Jahren entspricht dies einem Realzins von 5,6 %. Um verschiedene Produktionsanlagen miteinander vergleichen zu können, müssen sich die zugrunde liegenden Annahmen entsprechen.

Für das obige Beispiel eines Klein-Windparks ergeben sich bei 1'000 Volllaststunden (1'800'000 kWh/a) folgende Stromgestehungskosten:

Kosten	V konservativ	V progressiv
Kapitalkosten	380'000	285'000
Betriebskosten	130'000	130'000
Total Jahreskosten	510'000	415'000
Stromgestehungskosten	28 Rp. / kWh	23 Rp. / kWh

Variante konservativ ($V_{\text{konservativ}}$): Annuität von 10 % (5,6 % Realzins; 15 Jahre)

Variante progressiv ($V_{\text{progressiv}}$): Annuität von 7,5 % (4 % Realzins, 20 Jahre)

Anlagegrösse und Kosten

Beispielhaft sind unten drei Installationen aufgeführt. Gerade bei kleinen Anlagen können die Bau- und Planungskosten die Anlagekosten übersteigen. Die Zielgrösse für die spezifischen Kosten (Fr./kW installiert) bei neuen, grösseren Anlagen liegt bei Fr. 2'000.-/kW:

	1 St. 30 kW		1 St. 150 kW		3 St. 600 kW	
Anlagekosten in Fr.	110'000.-	42 %	290'000.-	58 %	2'600'000.-	69 %
Baukosten, inkl. Netzeinbindung / Planung	150'000.-	58 %	210'000.-	42 %	1'200'000.-	31 %
Gesamtinvestitionen	260'000.-	100 %	500'000.-	100 %	3'800'000.-	100 %
Spez. Kosten pro kW	8'670.-		3'330.-		2'110	
Stromproduktion	35'000 kWh/a		140'000 kWh		1'800'000 kWh/a	

Für Windparks in der Schweiz liegen keine umfassende, statistische Erfahrungen vor!